Kursbuch

Kursbuch/Rotbuch Verlag · Juni 1989 · Heft 96 · DM 10 · A 20281 F

Elemente II: Luft

Reinhard Breuer, Atemnot
Rudolf von Woldeck, Atmosphärenkunde
Peter Fabian, Blick in das Ozonloch
Petra Thorbrietz, Waldesluft
Hartmut Graßl, Sorgen um das Klima
Heinz Bingemer, Spurensuche
James E. Lovelock, Das Atmen der Erde
Jost Auf der Maur, Basler Mitgift
Kluge/Schramm, Geschichte der TA Luft
Joachim Kahlert, Herr über Wolken
Hans Pleschinski, Unter der Gasmaske
Johann Wolfgang Goethe, Wolkenbilder
Friedrich Wilhelm Korff, Über Luft
Karl Markus Michel, Luftgeister
Exkurse: Ein Nachruf für die Schublade/
Orkustour/ABC-Markt/Weltraumdreck

Kursbuch
Herausgegeben von Karl Markus Michel und Tilman Spengler
Unter Mitarbeit von Hans Magnus Enzensberger
Redaktion: Ingrid Karsunke

O.N.

96 Elemente II: Luft Juni 1989

Reinhard Breuer, Atemnot 1
Rudolf von Woldeck, Die Ordnung der Atmosphäre 10
Peter Fabian, Ozon – Innenansicht eines Lochs 27
Petra Thorbrietz, Waldesluft. Besuch bei einem Forstökologen 39
Aus der Luft gegriffen. Gespräch mit dem Klimaforscher Hartmut Graßl 47
Heinz Bingemer, Spurensuche 59
James E. Lovelock, Das Atmen der Erde. Ein geophysiologisches Modell 69
Jost Auf der Maur, Basler Mitgift 85
Thomas Kluge/Engelbert Schramm, Vom Himmel hoch. Eine Geschichte der TA Luft 91
Joachim Kahlert, Herr über Wolken. Schwierigkeiten bei der Begründung eines Forschungsprogramms 111
Hans Pleschinski, Im Dunstkreis der Gasmaske 127
Johann Wolfgang Goethe, Zirrus, Kumulus, Stratus, Nimbus 138
Friedrich Wilhelm Korff, Über Luft 142
Karl Markus Michel, Zwischen Himmel und Erde. Ein Geisterzug 153
Exkurse: Ein Nachruf für die Schublade 173 / Orkustour 175 / ABC-Markt 179 / Weltraumdreck 182

Goethe-Institut e.V. Bibliothek
ausgeschieden am

Das Kursbuch erscheint einmal im Vierteljahr. Jedes Heft kostet im Jahresabonnement DM 8,50, im Einzelverkauf DM 10. Verlag: Kursbuch Verlag GmbH/Rotbuch Verlag GmbH, Potsdamer Straße 98, 1000 Berlin 30; Telefon 2611196. Anschrift der Redaktion: Kursbuch Verlag, Niebuhrstraße 77, 1000 Berlin 12, Telefon 8815059. Die Redaktion lädt zur Einsendung von Manuskripten ein, bittet jedoch darum, Rückporto beizufügen; sie erklärt, daß sie solche Sendungen in der Regel nicht kommentieren und keine Haftung für sie übernehmen kann. Verantwortlich für den Inhalt: Karl Markus Michel und Tilman Spengler. Anzeigenverwaltung: Runze & Casper Verlagsservice OHG, Schöneberger Ufer 65, 1000 Berlin 30, Telefon 030/261 1865, Fax: 030/261 1869.
© 1989 Kursbuch Verlag, Berlin. Alle Rechte, auch die der Übersetzung, für sämtliche Beiträge vorbehalten.
Druck und Bindung: Druckerei Wagner GmbH, Nördlingen.
Beilagen: Flensburger Hefte, Freiabonnements für Gefangene e.V.,
»Kirschkern« Buchversand (Teilbeilage), Rotbuch Verlag

Reinhard Breuer
Atemnot

Am Abend sehe ich im Fernsehen Berichte von Demonstrationen gegen modernere Atomwaffen, gegen Tiefflieger, gegen die Verschmutzung der Weltmeere und gegen das Ozonloch – lauter Gefahren, die uns bedrohen. Nun gut, nukleare Kurzstreckenraketen könnten Hamburg ausschalten, aber am nächsten Morgen muß ich wieder meinen Weg ins Büro gehen, und der ist auch nicht von Pappe. Natürlich, von außen betrachtet wirkt alles harmlos. Da gehe ich von der Mitte Harvestehudes bis zur Alster, überquere den Hallerplatz, atme Benzinschwaden und folge dem Grindelhof, einer wuseligen Geschäftsstraße. Der Geruch von Knoblauchkäse dringt aus meinem Weinladen, dann passiere ich Buchhandlungen, italienische und griechische Kneipen. Aus einem Blumenladen im Keller steigt Nelkenduft, der aber rasch verdrängt wird von der chemischen Abluftkeule einer Reinigung. Über den Uni-Campus gelange ich zur Moorweide, die ich überquere. Dann trennt mich von meinem Büro nur noch der Mittelweg – eine vierspurig befahrene Straße, an der ich in der Regel warten muß, bis ich durch eine Lücke zur anderen Seite huschen kann.

Auf der Moorweide treibt der Wind mir vergilbte Blätter vor die Füße, das frischgemähte Gras parfümiert das ganze Viertel. 1987 ließ André Heller dort sein »Luna Luna«-Spektakel uraufführen. Da wurde die ganze Moorweide mit einem soliden Eisenzaun abgeriegelt, und ich mußte immer einen großen Bogen um das bizarre Artistenfest machen. Hinter dem Zaun sah ich dann wenigstens von weitem die Bude, in der der Kunstfurzer Ernst-Ludwig Waldhall auftrat. Durch kunstvolle Betätigung von Zwerchfell, Schließmuskel und Dickdarm, so hieß es in Berichten, soll der begnadete Petomane nicht nur den ersten Satz von Beethovens Schicksalssymphonie, sondern sogar den Radetzkymarsch hörbar intoniert haben. Ich dachte an Martin Luther: »Aus einem verzagten Arsch fährt kein guter Furz.«

Ich mochte an so viel Analkultur zwar nie recht glauben, stellte mir aber vor, daß manch verzagte Flatulenz auch schon vormittags beim Training über den Zaun zu der Stelle ziehen mochte, an der ich wie so oft wartete, um den Mittelweg zu überqueren. Aber meine Nase konnte den Verdacht

niemals bestätigen. Nur zarte Benzinschwaden, Geruch von Leder, Gummi und Gras mischten sich in meine Atemluft – olfaktorische Sensationen, die mich daran erinnerten, daß das Geheimnis des Riechens immer noch nicht völlig entschlüsselt ist.

Plötzlich schien mir, als würde ich getäuscht. Ohne äußere Not, aber in diesem Moment unaufhaltsam, stürzte ich in Zweifel: War das die Wirklichkeit? Was geschah hier »eigentlich«? Was wirbelte da um mich herum? Was drang am Rand der Moorweide in meinen Körper? Was passierte hier, ohne daß ich es sah? Träumte ich, wenn ich annahm, ich blickte auf Autos, auf Bäume, spielende Kinder und den häßlichen Zaun um »Luna Luna«? Berichteten nicht ständig illustre Wissenschaftsautoren von bizarren Mikro- und Makrowelten, in denen es, in uns und um uns herum, tobt? Hätte mir eine Wunderfee die Sehkraft eines Mikroskops verliehen, so hätte ich mich in die molekularen Dimensionen des unsichtbaren Gebräus versenken und beobachten können, was ich da ein- und ausatmete. So aber hörte ich auf meine innere Stimme – mein *alter ego,* den Physiker in mir, der das, was sich in der Luftwolke um mich herum abspielte, zwar auch nicht gesehen, dafür aber umso genauer studiert hatte. Märchenhaftes wußte er mir als normal atmendem Wesen zu berichten: von Myriaden von Teilchen, die wahnwitzig schnell umherzuckten, von lichtschnellen Energieströmen, die durch meinen Körper stießen, ja sogar von kosmischen Strahlen, die mich bombardierten, aus den Tiefen des Alls sozusagen. Unglaublich, aber wahr?

Die Geruchsmoleküle, so erklärte er mir, gehören ja noch zu den Riesen unter den rasenden Winzigkeiten des Mikrokosmos. Wie verknäulte Luftschlangen torkeln sie in den Winden, um schließlich, vom Sog meiner Nüstern gepackt, sich irgendwo im Innern meiner Nase in einem Rezeptor festzusetzen und von diesem – etwa als analstämmig – registriert zu werden. Lediglich die Tausendstelmillimeter großen Staubteilchen sind da größer, werden von Autoreifen aufgewirbelt, schweben im Kriechtempo, zäh wie dünner Nebel, um meinen Kopf und senken sich unaufhaltsam in meine Lunge.

Und eingemengt in Staub und Dunst, das Geschenk aus dem Osten: Radioaktivität – als Fallout von Tschernobyl und, nicht minder wirksam, als natürliche Ausdünstung der Erdkruste. Auch drei Jahre nach der unplanmäßigen Exkursion einiger sozialistischer Brennstäbe ticken hier die Geigerzähler beim Einschlag von Gammastrahlen aus dem Zerfall von Cäsium-137. Was hat uns Tschernobyl gebracht? Auf das Gebiet der Bundesrepublik, so schätzen die Experten, regneten weniger als 500 Gramm Cäsium-137, weniger als 20 Gramm Cäsium-134 und weniger als 2 Gramm Jod-131 herab; das meiste bekamen die Bayern ab. Am interessantesten ist Cäsium-

137, da sich seine Ausgangsmenge nur alle 30,2 Jahre halbiert. In 300 Jahren wird immer noch ein Promille des sowjetischen Cäsium-137 in der obersten Bodenschicht lauern und weiter in Pflanzen eindringen. Pilze der Moorweide würde ich verschmähen; ich verzichte auch weiterhin auf Maronenröhrlinge und Rotkappen, umgehe Thymian und Brennesseln und lehne Renken aus dem Starnberger See ab. Sogar von Johannisbeeren sollte ich lassen.

Auch die Natur trug ihr Schärflein bei: Der Boden unter der Moorweide ist voller Kalium-40 und Rubidium-87. Bei ihrem radioaktiven Zerfall spiehen sie Elektronen mit 90 Prozent der Lichtgeschwindigkeit aus, lichtschnelle Gammastrahlen blitzten durchs Molekülgewimmel; mit Baustoffen wie Ziegel, Klinker, Lehm oder Blähbeton werden diese Strahlen – in geballter Form – in unsere Häuser getragen. Aus den Rissen des Erdbodens stiegen Gase, der üble Atem der Erde war geschwängert mit Radioaktivität: Atome des Edelgases Radon-87 schwelten unsichtbar am Boden dahin, klammerten sich – farb-, geschmack- und geruchlos – an Teilchen von Staub und Zigarettenrauch, zerfielen in meiner Lunge in die »kurzlebigen Radontöchter« Polonium, Blei und Wismut. Ich dachte an meine Altbauwohnung. Da pfeift der Wind durch die Ritzen – und das Radon entweicht. Wer sein Haus an Fenster und Tür abdichtet, hat es warm, da staut sich aber – Radon ist siebenmal schwerer als Luft – der Strahlendunst im Keller und vervielfacht die durch Radon bedingte Strahlenbelastung der Lunge.

Von oben peitschte der Kosmos gnadenlos auf mich nieder. Protonen genannte Kernteilchen, von fernen Sternexplosionen durchs All gejagt, knallten – nach interstellarer Reise – mit hoher Energie auf die oberen Luftschichten der Erde, detonierten dort in Mikroexplosionen. Gammastrahlen dieser »kosmischen Höhenstrahlung« schossen aus 20 Kilometer Höhe herab und bohrten sich in meine Körperzellen, zerstörten dort Biomoleküle, verursachten »Strangbrüche« in meiner Erbsubstanz. Im Zellgewebe schäumten chemische Stoffe auf, Perhydrohylradikale und Wasserstoffperoxid, setzten Kettenreaktionen in Gang, zerstörten Enzyme und Zellwände, hinderten Antikörper bei ihrer Entstehung, mein Immunsystem wurde geschwächt. Strahlenmediziner wissen längst Bescheid, ihre Apokalypse steht in Tabellen. Nach meiner Strahlungsempfindlichkeit reihen sie mich zwischen Hund und Esel ein. Das Schaf stirbt vor dem Meerschwein, das Meerschwein vor dem Hund, dann ich, danach – bei noch stärkerer Bestrahlung – der Esel, dann die Maus. Am längsten werden Hamster und Wüstenmäuse ausharren, bevor sie an Erbrechen, Fieber, wäßrigen und blutigen Darmentleerungen eingehen. Die letzten werden die Bakterien sein, die Wespen und die Viren.

Künstlicher wie natürlicher Strahlenbelastung war ich an meinem Standort ausgesetzt – fast wehrlos –, beide beschädigten mich im Innersten, und wurden auch dann nicht vergleichbar, wenn beide Belastungen ähnliche Werte annahmen. Der Vergleich ist unzulässig. »Strahlenbelastungen«, melden Strahlenmediziner, können »nicht mehr mit dem Hinweis darauf für unbedenklich erklärt werden, daß die Strahlenbelastung durch eine künstliche Quelle in der Höhe oder im Schwankungsbereich der natürlichen Strahlenbelastung liege.«

Mein Körper taumelte im Strudel der Moleküle. Genaugenommen, so versicherte mir meine Physikerstimme, ist es schon ein Wunder, daß wir überhaupt »durchblicken«, durch das Bißchen Luft, den einen Kubikmeter durchsichtiger, kaum fühlbarer Substanz um uns herum, den wir ständig durchwaten. Wo er doch in Wahrheit ein brodelnder Hexenkessel ist: Moleküle toben wie kleine Billardkugeln durcheinander, Stickstoff vor allem, dann Sauerstoff und Argon, auch Wasserdampf, Ozon, Neon und in Spuren die gefürchteten Schwefel- oder Stickoxide – Namen und Formeln, an die ich mich im Chemieunterricht zwar mühsam gewöhnt habe, die aber eigentlich Beschwörungsformeln geblieben sind.

Aber was tun sie alle? Mit einem Tempo, das jeden Überschalljet abhängt, mit rund 1700 Kilometern pro Stunde, rasen diese Moleküle unablässig um mich her; nicht alle in dieselbe Richtung, sondern chaotisch durcheinander, in jeder Sekunde sieben Milliarden mal in ein anderes Molekül hineinkrachend, von ihm abfedernd und Bruchteile eines Hundertstelmillimeters später schon mit dem nächsten zusammenstoßend. Von Ordnung keine Rede: Zehn Milliarden Milliarden Billardbällchen wirbeln mit diesem Höllentempo in jedem Kubikzentimeter, trommeln in jeder Sekunde milliardenfach gegen meine Hand, mein Gesicht, schieben sich – horror vacui – in Ohren und Mund, Nase und Lunge.

Und woher kommen diese Moleküle – etwa dieser Sauerstoff, der eben in meinem Ohr einen Höllentanz aufführte? Und wo mochte das Molekül vorher gewesen sein? Vor einer Minute konnte es noch in Wipfelhöhe auf einem Kastanienblatt umhergewirbelt sein; oder vor zwei Tagen von der Küste Schottlands mit »polarer Luft« auf den Kontinent gefegt worden sein. Vor fünf Milliarden Jahren jedoch irrte es noch in einer Urwolke, aus der sich in Kürze Planeten und die Sonne zusammenballen sollten; und abermals Milliarden Jahre zuvor loderten in einem fernen Stern der Milchstraße die atomaren Feuer auf, preßten Atomkerne in die rechte Form eines Sauerstoffkerns und schleuderten anschließend die Atomkerne in einem Explosionsinferno ins All. Und ich stand davor, der Herkunft nach diesem Molekül nicht unähnlich, insgesamt nur etwa zehntausendfach dichter ge-

packt als diese Luftmoleküle: ein molekularer Myriadenhaufen, der auf dieses Sauerstoffmolekül starrte, als ein Haufen Atome mit *Bewußtsein*, als Materie mit *Neugier*.

Das wäre alles noch nicht so schlimm. Aber nun wurde es immer weniger begreiflich, wie sich die freundlichen Lichtstrahlen unseres Heimatgestirns durch all das atomare Gewusel hindurchmogeln, ständig – scheinbar problemlos – bis zu meinen Augen vordringen und dabei vorgeben, ein Abbild meiner Umwelt abzuliefern.

Ein schwieriger Fall, meinte der Physiker in mir zu diesem Thema. Das liegt an der Wellenlänge; und es geht ja auch anders: Kürzere Wellen wie UV-A- oder Röntgen-Strahlen würden es nicht schaffen; denn sofern sie aus dem Weltraum stammen, werden sie schon von der Atmosphäre abgeblockt. Aber auch die Lichtstrahlen, die mir einen Blick auf »Luna Luna« und über die frühsommerliche Moorweide gestatten, sind ganz anders, verdecken ihre kosmische Herkunft. Von dem sechstausend Grad heißen Glutball der Sonne ausgeschickt, durcheilen sie in acht Minuten den 150 Millionen Kilometer leeren Raum zwischen Sonne und Erde, dringen in die Lufthülle und werden in ihren immer dichter werdenden Gasschichten wie von einem Prisma abgelenkt, gestreut und gefiltert. Dann erst prallen sie auf die Zirkuswagen auf der Moorweide, stoßen – sortiert und reflektiert – endlich geradlinig zu meinem Auge vor und schlagen in die Netzhaut ein. Aber nicht nur einfach als ein Bündel von Strahlen. Die quantenhafte Realität des Lichtes, wie der Physiker es nennt, ist anders: Rund eine Milliarde Milliarden winziger Lichtteilchen prasseln in jeder Sekunde auf jede meiner Pupillen und übermitteln mir so, was ich als »trübe Stimmung über Hellers Kunstzirkus auf der Moorweide« wahrnehme.

Im Smog der Autoabgase und des Straßenstaubs mußte wahrhaft Unheimliches passiert sein – nicht nur einmalig, sondern andauernd. Dabei sind die Strahlen der Sonne, fuhr die Physikerstimme in mir fort, ja noch das wenigste. Die kann man doch immerhin sehen. Im Unsichtbaren, verkündete sie, stößt die Sonne am Himmel noch mehr aus: merkwürdige Elementarteilchen, von den Wissenschaftlern »Neutrinos« genannt. Nukleare Feuer erzeugen diese Mikropartikel in dem, viele Millionen Grad heißen innersten Kern des Muttergestirns. Von dort eilen sie ungebremst durch den glühenden Gasball nach außen, ziehen lichtschnell bis zur Erde, um hier – genauso ungestört – durch meinen Körper an der Moorweide zu dringen: in jeder Sekunde eine Million Milliarden Neutrinopartikelchen. Allerdings haben wir nicht das geringste Sensorium, um diesen Ansturm aus dem Kosmos wahrzunehmen. Nur Forschern mit bunkerschweren Geräten gelingt es mit der allergrößten Mühe, einige dieser Geisterteilchen einzufangen. Aus mei-

nem Körper heraus, so geht die Geschichte weiter, rauschen sie zunächst in den Boden und dann durch die ganze Erde, um auf der anderen Seite, genauso unbemerkt, durch das Herz etwa eines Neuseeländers und dann wieder ins All hinaus zu stoßen. Besäße ich eine Neutrinobrille, belehrte mich meine innere Stimme, so würde die Sonne als stecknadelkopfgroßes, gleißendes Pünktchen aufscheinen, Menschheit und Erde dagegen durchsichtig sein. Aber ich besaß keine Neutrinobrille.

Mir schwindelte der Kopf und schwirrte der Verstand – wer könnte so viel Physik und Zahlenmonstrositäten in seinem Kopf behalten? Bevor ich es bremsen konnte, behauptete mein Wissenschaftlerbewußtsein, daß uns natürlich nicht nur die Sonne ständig mit Neutrinos zuschütte. Auch aus den Tiefen des Alls, von den Abermilliarden fernen Fixsternen der Milchstraße oder des Andromeda-Nebels sowie von längst verglühten Himmelskörpern prasseln diese Mikropartikel auf uns hernieder. Zum Teil sind sie Tausende und Millionen Jahre bis zu mir unterwegs – um dann bloß unbemerkt durch mich hindurchzusausen. Ja, sogar aus kosmischen Urzeiten, fügte es hinzu, als das Universum gerade in seinen Urwehen lag und Raum und Zeit erst entstanden, erfüllen »kosmische Neutrinos« das All in Strömen und mischen sich milliardenfach unter die Ausschüttungen von Sonne und Sternen – flüchtig, unsichtbar, trotzdem nicht minder real auf meiner Parkwiese.

Ich schüttelte mich vor so viel kosmischer Ausgesetztheit; wollte mein Alltags-Ich doch nur einmal verstehen – aber vielleicht war das ein Fehler –, was um mich herum wirklich geschah. Es ging mir wie dem Fußgänger, von dem Ärzte behaupten, daß er sofort hinfallen würde, müßte er das Gehen statt mit dem Unterbewußtsein nur mit dem bewußten (Fach-)Verstand steuern.

Wie steht es denn mit dem ganz Alltäglichen und Irdischen, fragte ich daher und versuchte die Aufmerksamkeit meines kosmophilen Ichs zurück zu »Luna Luna« auf die Moorweide zu lenken; widerfuhr mir denn da am Straßenrand nicht auch Heimisches, Harmloses, Banales sozusagen?

Ich blickte schräg nach Westen, wo in Sichtweite der Fernsehturm am Hamburger Messegelände aufragte. Die da, sagte mein Physik-Ich und meinte die elektromagnetischen Wellen, schlagen nun echt in deinen Körper ein. Eben kamen doch die Verkehrsnachrichten: »... Dibidibiduu, der Verkehrsfunk meldet: Von den Fernstraßen Schleswig-Holsteins liegen uns keine Störungsmeldungen vor. Dibidibiduu.«

Ja – und? Als Nachricht in vier Sekunden gesendet wie gesprochen und als Radiowelle mit 98,7 Megahertz aus der Antenne gestrahlt, gewann diese Desinformation ein raumfüllendes Format: In Richtung Weltraum formierte sie sich zu einem Wellenstück von rund 1 200 000 Kilometer Länge.

Dreißigmal könnte man diese Radiowelle um die Erde wickeln, dreimal die Strecke von der Erde zum Mond abdecken. Das klingt nach viel, ist jedoch das Maß der Dinge, die sich mit Lichtgeschwindigkeit ausbreiten; und ein Text von vier Sekunden Dauer dehnt sich auf dem Äther nun mal vier Lichtsekunden weit aus – die Lichtsekunde zu dreihunderttausend Kilometern. Zwischen Fernsehturm (Sender) und mir (Empfänger) schlängelte sich die befreiende Meldung stückweise durch, weniger als eine tausendstel Millisekunde *on the air*.

Noch während ich am Wiesenrand stand, drang die Nachricht sang- und klanglos in meinen Körper ein, durchspülte ihn vier Sekunden lang – und blieb zum guten Teil in ihm stecken. Das »Dibidibiduu«, für sich auch schon 300 000 Kilometer ausgedehnt, schoß in meinen Bauch, bohrte sich 8,3 Zentimeter unter die Haut und versickerte geräuschlos irgendwo zwischen Milz und Leber; nur das »Di« prallte an eine Rippe und vergrub sich im Zwölffingerdarm. Der Mikrokosmos bäumte sich auf: Die Moleküle meines Fleisches rasten, die darin gespeicherten Wasseratome rotierten, Sauer- und Wasserstoffatome reckten sich und saugten die Energie des norddeutschen Verkehrsfunks in sich auf. Ich warf einen kleinen Radioschatten hinter mich. Ich meinte es nicht zu spüren, aber in diesem Moment erhitzte sich mein Körper rein rechnerisch um glatte 0,000 001 Grad Celsius.

Das mußte mich nicht beunruhigen. Denn nachweislich liegen solche winzigen Erhitzungen nicht nur »außerhalb jeder direkten Meßmöglichkeit«, sie liegen auch innerhalb der Temperaturschwankungen, die der Körper selbst produziert. Nicht einmal um meine Zeugungskraft brauchte ich mir deswegen ernstlich Sorgen zu machen. Denn das »Institut zur Erforschung elektrischer Unfälle« stellt dazu erfreulicherweise fest: »Bei einer durchschnittlichen Bestrahlungsintensität von 36 Watt pro Kilogramm erhöht sich die Hodentemperatur überhaupt nicht gegenüber den Kontrollen.« Die Experimente liefen zwar nur mit Versuchstieren, doch ich war so frei, das auch auf mich zu übertragen und an der frischen Luft befreiter durchzuatmen.

Daß es nicht beim Verkehrsfunk bleibt, weiß jeder, der noch Radio hört oder fernsieht. Myriaden von Wellen aller Art kreuzen ständig meinen Weg, durchbohren meinen Körper, bleiben dort stecken oder enteilen ins Weltall und treffen dort eines fernen Tages vielleicht auf außerirdische Lebewesen. Militärische Richtfunkstrecken durchqueren Satellitenüberwachungssignale, die gerade Standorte von Flugzeugen, Truppen und U-Booten vermelden. Taxifunksprüche rasen lichtschnell durch Bäume und Häuser, kreuzen Polizei-Einsatzkommandos, transatlantische Telefonate, Ama-

teurfunkzeichen und Flugzeugsender. Darunter rauscht nur ganz schwach das infrarote Gemurmel unserer Blätter und Gräser. Was den Körper angeht, so kam es nicht auf Inhalte an. Ob Staumeldung oder Werbespot, ob Kohlrede oder die plattdeutsche Morgenandacht – sie alle heizten meinen Körper, wenn auch in unvorstellbar geringem Maße. Als kleiner Infrarotsender – die Wellen sind bei 37 Grad Celsius rund einen hundertstel Millimeter lang – stand ich am Mittelweg und strahlte zurück, was mich vorher heiß machte. Mein körpereigener Thermostat bekämpfte mit biochemischer Akkuratesse jede Wärmeschwankung, verbrauchte Nährstoffe, erzeugte Wasser und Schweiß, meldete Fiebergefühle. Erst stärkste Mikrowellenpulse, wie sie kein Mediensender je zustande bringt, würden sich deutlicher bemerkbar machen: als Wärmestoß oder sogar als Knacklaut im Ohr.
Außer mich zu wärmen – was mochten sie in mir anrichten, was taten sich all die kreuzenden stummen Gewitter aus Radio- und Radarwellen gegenseitig an? Konnten sich Verkehrsfunk und Fernsehspot, Testsignal und Todesnachricht einfach so durchdringen, ohne einander zu verdrängen, ohne gegenseitig Anstoß zu nehmen? Rieben sie sich vielleicht, boxten sie sich den Weg frei, bevor sie mein Ohr erreichten? »Sollte doch jedem klar sein«, mokierte sich eine innere Expertenstimme. »Das liegt einfach an der Linearität der Maxwellschen Differentialgleichungen. Daraus folgt für alle elektromagnetischen Wellen das Prinzip der linearen Superposition. Dieses garantiert, daß sich die Wellen störungsfrei durchdringen können, beliebig viele.« Klar.
O nein, rief ich mit meinem bescheideneren Selbst und hielt mir die Ohren zu. Das hieße ja, daß diese Wellen gar nicht Notiz voneinander nehmen, also in dem Wellensalat eigentlich gar nichts passiert? – Das wäre nur der Fall, unterbrach mich die Stimme, wenn wir etwa von Gravitationswellen durchdrungen oder in ein Schwarzes Loch stürzen würden. Einsteins Gravitationsgleichungen sind nämlich nur quasilinear, da stoßen sich die Wellen der Schwerkraft ein wenig aneinander... Aber ich wollte eigentlich nicht ins Schwarze Loch, ich wollte nur rasch in mein Büro.
Ich spürte nichts. Ich war keine Antenne. Wahrscheinlich strahlten die Schwarzen Löcher zu schwach. Ich lehnte nur im Magnetfeld der Erde, das unter mir schräg aus dem Boden drang. Trüge ich Metall, so hätte ich mich neigen wollen, in Richtung des magnetischen Nordpols, ein wandelnder Kompaß. Auch einen Mikrowellen-Knacklaut hatte ich im Verkehrsgedröhn nicht wahrgenommen. Die Luft erzitterte beim Anfahren eines städtischen Omnibusses der Linie 109, Endstation Hauptbahnhof. Sein Dieselmotor ließ die Luftmoleküle erbeben und versetzte sie in longitudinale Ausschläge. Beim Aufbrummen rüttelten die Stickstoff- und Sauerstoffbäll-

chen in ihrem blitzartigen Zitterflug mehrere tausend Male pro Sekunde um die Winzigkeit eines zehnmillionstel Millimeters – eine kleine Deformation nur ihres chaotisch-verschlungenen Treibens. Schnell aneinander anstoßend, lenkten sie die zarten Erschütterungen in kugelförmigen Wellen zu mir. Ich hob den Arm, um den Gestank von meinem Gesicht fernzuhalten – da wurden die molekularen Rüttelwellen schon, eintausendeinhundertzweiundneunzig Kilometer pro Stunde schnell, auf mein Trommelfell geschleudert und brachten dort die Hörknöchelchen zum Nachschwingen.
Ich mochte es nicht hören und erspähte, der computergesteuerten Ampelschaltung sei Dank, die Verkehrslücke. Hastig und nur von einem sportlichen Rotlichtdurchquerer gejagt, verließ ich meinen täglichen Warteposten und grübelte noch, ob ich Karten für Hellers Kunstfurzer erstehen sollte. Vielleicht versäumte ich ja was. Mußte ich das wirklich sehen, oder riechen? Oder genügte es, darüber zu lesen?

Literatur:

Frucht, A.-H., Krause, N., Nimtz, G. und Schaefer, H., »Die Wirkung hochfrequenter elektromagnetischer Felder auf den Menschen (1 kHz ... 1000 GHz)«, Institut zur Erforschung elektrischer Unfälle (5000 Köln 51, Gustav-Heinemann-Ufer 130) 1984

Lengfelder, E., Forst, D., Feist, H., Pratzel, H., *Strahlenwirkung – Strahlenrisiko: Ergebnisse, Bewertungen und Folgerungen nach einem kerntechnischen Unfall aus ärztlicher Sicht*, (München 1988)

Rudolf von Woldeck
Die Ordnung der Atmosphäre

Als Kind träumte ich fast jede Nacht vom Fliegen, diesem wunderbaren, schwerelosen Schweben hoch über der Erde in der seichten, tragenden Luft, über Berge und Schluchten, über Wälder, Dörfer und Städte und die Behausungen all der Märchenfiguren hinweg, die mir aus den vorgelesenen Sagen und erzählten Geschichten bekannt waren. Ich träumte vom leichten, aufschlaglosen, von mir selbst steuerbaren Fallen hoch aus den unter den Bombardements der Kriegszeit zusammenstürzenden Häusern, vom Balancieren auf schwindelnden Graten und dem Sich-davon-Ablösen und Hinausstoßen in den freien weiten Luftraum, gefahrlos, berauschend, während unter mir der Erdboden hinwegglitt. Später träumte ich nur noch vom mühelosen Springen, das mehr einem kurzen Gleiten glich, viele Meter weit, hinaus über die Sprunggrube, den sausenden Wind der vorbeistreichenden Luft in den Ohren. Dann verlor sich dieses Gefühl.

Die Kinderpsychologie kennt die Ursachen für solche Träume sehr gut; aber das ändert nichts an dem Glücksgefühl des ungegängelten Fliegens mit den leichten Flügelschlägen der Arme, das die Vorstellung des Schwimmens in Luft ohne Hilfsmittel, ohne den komplizierten Apparat der Maschinen suggeriert. Luft trägt nun einmal nicht, jedenfalls nicht, solange wir nicht wissen, was Luft ist und welchen Gesetzen sie gehorcht. Unseren Vorfahren ist bis in unser Jahrhundert hinein nicht klar gewesen, womit die Unfähigkeit der Luft zu tragen zusammenhängt. Sie unternahmen nicht nur im Traum, sondern in der Realität verzweifelte Versuche, ihre eigene Schwäche zu überwinden und es den Vögeln gleichzutun. Ikarus büßte es mit dem Leben. Leonardos Diener brach sich die Knochen beim Sprung vom Dach. Luft trägt nicht, es sei denn, man nutzt die Gesetze des physikalischen Auftriebs auf technisch raffinierte Weise aus. Doch kaum ist das, vor wenigen Jahrzehnten erst, gelungen, fühlt sich der Mensch bereits als Meister, und Fliegen, die tragende Luft, ist für ihn eine Selbstverständlichkeit geworden, über die keiner derjenigen, die die Dienste der Luft in Anspruch nehmen, mehr nachdenkt.

Luft kann ohne Hilfsmittel nicht tragen. Warum? Was ist das Besondere an

ihr gegenüber Wasser, in dem wir doch, wenn wir den Bewegungsablauf erlernt haben, schwimmen können? In Luft zu schwimmen läßt sich nicht erlernen. Die physikalische Antwort ist einfach: Luft ist ein kompressibles Gas mit sehr geringem Auftrieb, während Wasser ein inkompressibles Medium ist, das einen großen Auftrieb hat. Die Motorik des Menschen ist in Luft nicht in der Lage, einen seinem Gewicht entsprechenden Auftrieb zu erzeugen. Das können nur Maschinen. Offenbar war es in der Entwicklungsgeschichte des Menschen nicht erforderlich, ihn mit einer zum Fliegen geeigneten Motorik auszustatten; er konnte auch so überleben. Damit muß er sich abfinden. Aber ohne Luft, ohne Atmosphäre existieren kann der Mensch nicht. Selbst wenn er in große Höhen hinaufsteigt, auf Berge, im Flugzeug, in Raumschiffen, nimmt er seine Atmosphäre mit, um überleben zu können. Irgendwo hat er sie dabei, wohlbehütet und verpackt in großen Tanks, im richtigen Mischungsverhältnis und mit dem notwendigen Druck, alles genau berechnet, austariert und nachgeregelt, wenn sich die Verhältnisse ändern. Die vom Tiefseetaucher geatmete »Luft« hat eine ganz andere Zusammensetzung als die Luft in einem Flugzeug. Die Spezialisten kennen die Unterschiede und die Verhältnisse, die genau eingehalten werden müssen. Dem Laien sind sie meist unbekannt. Er macht sich keine Gedanken darüber, welcher Mechanismus in einem Flugzeug dafür sorgt, daß er sein Wohlbefinden auch noch in einer Höhe von 12 km behält, während doch in den Bergen in mittleren Breiten bereits in 4 km Höhe das Atmen schwer wird. Luft ist uns etwas Selbstverständliches. Nur wem sie fehlt, der wird sich ihrer bewußt. Herz- und Asthmakranke wissen ein Lied davon zu singen, und die Henker wußten und wissen, wie man es anstellt, jemandem die Luft zu nehmen. An den kommerziellen Handel mit Luft allerdings hat man bislang noch nicht gedacht, bis auf Ausnahmefälle von gefährlichen Smogsituationen in einigen wenigen Großstädten der Welt. Wir kennen die seltenen Bilder, auf denen ein im Smog fast Erstickender sich an einer Straßenecke eine Maske überstülpt, um gierig aus einer Stahlflasche einen tiefen Schluck Sauerstoff oder Preßluft zu trinken, während ihn die von Abgasen gesättigten Nebel umspülen, Zukunftsvision einer atemlosen Gesellschaft, zu der hin wir uns entwickeln.

Die Luft, die wir zum Leben brauchen, finden wir in der Atmosphäre vor. So bezeichnen wir den die Erde umgebenden Gasmantel. Im täglichen Sprachgebrauch nennen wir die Atmosphäre selbst einfach Luft. Das ist etwas unexakt; denn die Luft in ein paar Kilometern Höhe über der Erdoberfläche ist verschieden von Luft bei Normal Null. Das versteht man sofort, wenn man bedenkt, daß in der nahen Umgebung der Erde alles der Schwerkraft ausgesetzt ist. Zwar nimmt diese mit der Höhe ab; aber die

Lufthülle, will man sie so bezeichnen, kommt aus diesem Anziehungsbereich nicht heraus. Sie ist nur wenige zehn Kilometer dick, und was in größerer Höhe mit ihr geschieht, verändert ihre Eigenschaften so sehr, daß sie den Charakter einer Lufthülle verliert. Dort, wo sie noch wirklich Luft enthält, also näher am Erdboden, wird die Atmosphäre durch die Schwerkraft, die auf sie wirkt, regelrecht sedimentiert: Sie ordnet sich in Schichten nach der Schwere der einzelnen Bestandteile; die schweren Gase liegen unmittelbar am Boden. Auf den schweren Gasen liegen die leichten, und die leichtesten trifft man am weitesten draußen in den Hochschichten der Atmosphäre an. Woran liegt das?

Nicht zu hoch über dem Boden ist die Atmosphäre dicht genug, um viele ununterbrochen ablaufende Zusammenstöße aller verschiedenen Luft-Gasmoleküle miteinander zuzulassen. Diese Zusammenstöße haben zwei Folgen: Erstens verleihen sie der Luft einen charakteristischen isotropen, das heißt von der Richtung unabhängigen Gasdruck, den Luftdruck, zweitens gleichen sie Energieunterschiede der einzelnen Gase untereinander augenblicks aus. Die Atmosphäre hat darum in jeder Höhe eine ganz bestimmte wohldefinierte Temperatur, und ihr Druck hängt nur von der Höhe der Luftsäule ab, die über dem jeweiligen Niveau liegt. Diese für alle Gasmoleküle unterschiedlicher Masse gleiche Energie ermöglicht es nur den leichtesten Bestandteilen der Luft, im Schwerefeld der Erde sehr hoch aufzusteigen. Schwere Gase erreichen nur kleine Steiggeschwindigkeiten und werden deshalb von der Schwerkraft nahe am Boden festgehalten. So kommt die bekannte atmosphärische Schichtung nach dem Molekulargewicht der Gase zustande. Am Boden halten sich außer den industriellen und haushaltlichen anthropogenen Abgasen die natürlichen schweren Gasverbindungen, vor allem das Kohlendioxid, das bei Verbrennungen von organischen Substanzen und bei der Atmung frei wird. Es macht, weil die Pflanzen es ständig wieder abbauen, aber nur wenige Prozent aus. Luft am Erdboden besteht grob zu 80 Prozent aus Stickstoff und zu 20 Prozent aus Sauerstoff. Stickstoff und Sauerstoff steigen in größere Höhen auf, wo sich ihre Moleküle in Atome aufspalten, und weit draußen, oberhalb etwa 200 bis 300 km Höhe über der Erdoberfläche, in der Exosphäre, stößt man fast ausschließlich auf das leichteste aller Elemente, den atomaren Wasserstoff.

Aufsteigen können aber auch von den leichteren Gasen nur die schnellsten, durch Zufall energiereichsten Moleküle oder Atome. Es gibt ein bekanntes statistisches Gesetz, das genau festlegt, wieviele Teilchen einer bestimmten Geschwindigkeit bei gegebener Dichte und Temperatur in einem Gas vorhanden sind. Dieses Gesetz gilt universell, solange das Gas aus vielen Teilchen pro Volumeneinheit besteht und genügend Zeit zum Energieausgleich

verbleibt. Da nach diesem Gesetz nur wenige Teilchen auch der leichten Gase hohe Geschwindigkeiten erreichen können, nimmt mit der Höhe nicht nur die Zusammensetzung der Luft, sondern auch ihre Dichte ab, und gleichzeitig ändert sich die lokale Temperatur. Die Luft wird nach oben reiner, zugleich auch dünner und kälter. Jeder, der im Hochgebirge gewandert ist, kennt dies aus eigener Erfahrung, und jeder weiß, daß es nicht ratsam wäre, in einem Flugzeug in großer Höhe die Tür zu öffnen. Der sofortige Druckabfall und der Mangel an Sauerstoff hätten katastrophale Folgen für Reisende und Besatzung.

Die Schichtung der Luft nach der Masse der Gasmoleküle erzeugt eine für die Atmosphäre charakteristische Einteilung in mehrere, in ihren Eigenschaften verschiedene, konzentrisch um die Erde herum gelagerte Schalen. Die exakte sphärische Form dieser Schalen ist eine Modellvorstellung, die nur ungefähr erfüllt ist. Mit solchen Modellen arbeitet die Naturwissenschaft stets, wenn es darum geht, einen Sachverhalt anschaulich klar zu machen. In Wirklichkeit wird die Sphärizität durch die Topologie der Erdoberfläche und die globalen und lokalen klimatischen Verhältnisse gestört. Der Erdoberfläche auf liegt die Troposphäre mit einer Dicke von mehreren Kilometern. Sie ist die Schicht, in der sich das Wetter, das Klima, das Leben abspielen. Sie hat eine sehr dünne, nur etwa zwei Meter dicke Bodengrenzschicht und ist im übrigen gekennzeichnet durch die rapide Abnahme der Temperatur mit der Höhe: von etwa 300 K (Kelvin) an der Erdoberfläche auf ungefähr 210 bis 220 K, also 50 bis 60° C unter Null in der Gegend von 10 km Höhe. Darüber liegt die Stratosphäre. Sie endet zwischen 30 und 50 km. In ihr steigt die Temperatur wieder auf nahe 0° C an, um in der darüberliegenden Mesosphäre bis in 80 km Höhe erneut abzufallen, diesmal auf Temperaturen unter 200 K, also tiefer als −70° C. Bei 80 km erfolgt ein neuer Temperaturanstieg mit der Höhe, der nun nicht mehr aufhört. Die neutralen Gasmoleküle »erwärmen« sich zusehends, steigt man weiter hinauf, auf 500 K in 1000 km Höhe und mehr darüber. Darum heißt diese Schicht auch Thermosphäre; ihre Untergrenze zur Mesosphäre hin ist die Turbopause. Man darf die Temperatur in Meso- und Thermosphäre aber nicht in dem uns geläufigen Sinne verstehen. Ein in der Thermosphäre ausgesetzter Mensch würde keineswegs verbrennen, sondern ganz einfach erfrieren bzw. an Unterdruck sterben, wenn ausreichend mit Atemluft versorgt, um dem Erstickungstod zu entgehen. Die Anzahl der vorhandenen Gasatome in dieser Schicht ist zu klein; in der Zeiteinheit trifft zu selten ein solches »heißes« Gasatom auf seine Haut auf, um sie auf der zum Leben erforderlichen Temperatur halten zu können. Kurz gesagt, der Druck ist zu niedrig. Die Temperatur ist lediglich ein Ausdruck für die Bewegungsener-

gie der wenigen Gasatome, die diese Höhe erreichen. Die Temperaturskala ist aber nicht nur höhenabhängig, sondern auch regional und saisonal verschieden. Am Äquator reicht die Troposphäre bis zu 18 km hinauf und ist am Scheitelpunkt ungefähr 20° kälter als in mittleren Breiten. Der Temperaturabfall mit der Höhe ist darum in den Tropen drastischer als in mittleren Breiten oder an den Polen.

Chemisch gesehen ist die ungestörte Atmosphäre ein komplizierter Reaktionstopf, in dem die verschiedensten Reaktionen unter dem Einfluß der Mischungsverhältnisse der Gase und getrieben von der aus dem eingestrahlten Sonnenlicht, vor allem im Ultravioletten entnommenen Energie ablaufen. Die erste Reaktion ist die Ionisation. Solares ultraviolettes Licht mit Energien von wenigen Elektronenvolt ist in größeren Höhen in der Lage, die Hüllenelektronen aus den Gasatomen herauszureißen. Die herausgerissenen Elektronen haben genügend Energie, um sich von ihren Mutteratomen zu entfernen und frei zu werden. Auf diese Art entstehen zwei elektrisch geladene Gaskomponenten, die ganz andere Eigenschaften haben als normale Gase. Dieser Prozeß setzt in etwa 30 km Höhe ein und verstärkt sich nach oben hin. In Höhen oberhalb 300 km dominiert schließlich ganz allein der ionisierte Anteil, und man kann nicht mehr von einer Atmosphäre im herkömmlichen Sinne sprechen. Das nahezu reine Elektronen-Ionengas nennt man das Plasma der Ionosphäre und Magnetosphäre. Tatsächlich fängt die Ionosphäre mit der sogenannten D-Schicht, die nur sehr schwach ionisiert ist und sich sozusagen mit der Mesosphäre mischt, bereits bei 60 km Höhe an; in 105 km Höhe liegt das Zentrum der stärker ionisierten E-Schicht. Darüber befindet sich die F-Schicht mit einem Ionisationsmaximum bei 300 km. Aber bis ungefähr 200 km werden die Bewegungen der Ionosphäre noch weitgehend von der neutralen Atmosphäre geregelt. Darum vergessen wir für den Augenblick unserer atmosphärischen Betrachtung alles, was mit Ionisation zu tun hat. Ob das, was den Einfluß der Ionisation auf das Klima betrifft, ganz gerechtfertigt ist, weiß man heute noch nicht genau.

Die zweite und bekannteste dieser Reaktionen ist die Aktivierung des atomaren Sauerstoffs in etwa 30 km Höhe, der sich an die bereits vorhandenen Sauerstoffmoleküle anlagert und das aggressive dreiatomige Ozon bildet, das als wenige Kilometer dicke Schicht in dieser Höhe den größten Teil des ultravioletten Lichtes absorbiert und nicht auf die Erdoberfläche gelangen läßt. Gerade über das Ozon ist im Zusammenhang mit der Diskussion anthropogener Umweltschädigungen viel Richtiges und Unrichtiges geschrieben und viel Emotion freigesetzt worden. Weil es das ultraviolette Sonnenlicht für seinen eigenen Aufbau braucht und verbraucht, ist die

Ozonschicht eine Art Schutz für das empfindliche Leben auf der Erde. Ultraviolettes Licht erzeugt einige Formen von Hautkrebs, schädigt die Augen und tötet die meisten Mikroorganismen ab. Die Zerstörung der Ozonschicht kann deshalb fatale Folgen haben für Mensch, Tier- und Pflanzenwelt, auch wenn der Gesamtgehalt des Ozons in der Ozonschicht, würde er einem Druck von einer Atmosphäre, wie er an der Erdoberfläche herrscht, ausgesetzt, eine Schicht von nur drei Millimeter Dicke einnehmen würde. Diese wenigen Moleküle genügen als UV-Filter. Aber sie können auch relativ leicht zerstört werden. Zwei solche Prozesse sind bekannt. Der erste beruht auf dem Abbau von Ozon durch Stickoxide, die in die Ozonschicht aufsteigen. Die Absorption der UV-Energie im Ozon und seine nachfolgende Zerstörung bedeuten im übrigen auch eine ständige Aufheizung der Stratosphäre, die mit warmem molekularen Sauerstoff gefüttert wird, mit allen ihren unbekannten Folgen.

Vor allem ist es das Stickstoffmonoxid, das Ozon abbaut, dabei zu Stickstoffdioxid wird und durch Reaktion mit atomarem Sauerstoff wieder in Stickstoffmonoxid zurückverwandelt wird. Es wirkt also nur als Katalysator beim Abbau des Ozons und kann deshalb bereits in geringer Menge viel Ozon zerstören. Allerdings ist es nicht in großen Mengen in der Atmosphäre vorhanden, und die der Stickoxide produzierenden Industrie erteilten Auflagen und der Verzicht auf den Aufbau einer Überschallverkehrsflotte haben die Gefahr weitgehend gebannt. Der zweite Prozeß basiert auf einer Chlorreaktion. Chloratome, die in die Ozonschicht hineindiffundieren, tun die gleiche katalytische Arbeit. Die Gefahr geht darum vor allem von den weltweit in großem Maßstab verwendeten Chlorfluorkohlenstoff-Verbindungen aus, den Freonen. Sie sind in Kühlschränken und Klimaanlagen verbreitet, dienen als Treibgas, zur Schaumerzeugung, zur Isolation usw. und treten überall in die Luft aus, wo sie zersetzt werden, als Salzsäure in starker Verdünnung in hohe atmosphärische Schichten hinaufgetragen werden, zum Teil als saurer Regen wieder herunterkommen, zum Teil aber auch bis in die Ozonschicht diffundieren. Nachweislich hat der Ozongehalt dort in den vergangenen Jahren abgenommen. Die Entdeckung des Ozonlochs über der Antarktis und eines kleineren im Nordpolargebiet war ein alarmierendes Zeichen. Das antarktische Loch mag durch eine nichtlineare Rückkopplung entstanden sein, als eine bestimmte Chlorkonzentrationsschwelle unter den antarktischen atmosphärischen Bedingungen überschritten wurde.

Man hat rasch begriffen, wie das Ozonloch gerade in der antarktischen Atmosphäre entstehen konnte. Der riesige Kontinentalkoloß Antarktis stabilisiert die über ihm liegenden atmosphärischen Strömungssysteme und

verhindert den Austausch der großräumigen Luftbewegungen mit den benachbarten Seegebieten. Im antarktischen Winter liegt die Atmosphäre lange Zeit im Schatten, nimmt keine Strahlungsenergie auf, und neues Ozon kann nicht entstehen. Spuren einwandernden Chlors aber bauen gleichzeitig das Ozon ab. Auf diese Weise sinkt der Ozongehalt, wird im darauffolgenden Sommer teilweise wieder aufgefüllt, aber im nächsten Winter weiter vertieft, bis schließlich ein Loch entsteht. Vielleicht spielt auch das ungünstige Zusammentreffen mit der gestiegenen Sonnenaktivität eine Rolle bei diesem Vorgang; denn dieses führt zu einer Verringerung der UV-Strahlung und einer kleineren Erzeugungsrate für das Ozon. Diese Fragen sind noch offen; mit Sicherheit aber ist die Mitwirkung von Halogenen an der Bildung des Loches ausschlaggebend. Die Verantwortlichen haben das inzwischen akzeptiert und schicken sich an, Produktion und Verwendung von Freonen weltweit einzuschränken. Im Augenblick besteht wegen den meteorologischen Bedingungen in der Antarktis keine ernsthafte Gefahr für ein Übergreifen des Lochs auf die übrige Atmosphäre; doch dort können sich bei weiterer Zunahme des atmosphärischen Chlorgehalts eigenständige Löcher bilden und die Ozonschicht perforieren.

Mit der Erwähnung der atmosphärischen Zirkulation tritt die Dynamik der Atmosphäre auf den Plan. Wind und Wetter sind ihr begrifflicher Ausdruck. Wie es zu ihnen kommt, ist bei einer statischen, ruhenden Erde, auf deren Umgebung nur die Schwerkraft wirkt, leicht einzusehen. Die Griechen zum Beispiel, die noch nichts von der Schwerkraft wußten, lehnten die These von der Rotation der Erde gerade mit der durchaus einleuchtenden Begründung ab, daß die schnelle Rotationsbewegung, bei der sich die Oberfläche der Erde mit hoher Geschwindigkeit unter der Atmosphäre hindurchbewegte, einen gewaltigen Sturm erzeugen müßte, dem nichts standhielte. Diesen Sturm gibt es nicht, weil die Schwerkraft für das Mitrotieren der Lufthülle Sorge trägt. Aber Luft ist kein starrer Körper und deshalb zur Ausführung von der Rotation differentiell abweichender Bewegungen befähigt. Gerade diese differentiellen Bewegungen sind die Quelle der globalen atmosphärischen Zirkulationen und der kleineren lokalen Luftbewegungen. Alle gemeinsam sorgen für den Ausgleich lokaler oder globaler Nichtgleichgewichtszustände, die, aus welchen Gründen auch immer, unablässig neu entstehen.
Die wichtigste Quelle von atmosphärischen Nichtgleichgewichten ist die ungleichförmige Versorgung der Erde mit eingestrahlter Sonnenenergie. In einem raumfesten Koordinatensystem mit dem Zentrum im Erdmittelpunkt und einer Achse in der Verbindungslinie Sonne-Erde dreht sich die Erde

gleichmäßig unter der konstant von der Sonne beleuchteten Tagseite der Atmosphäre hindurch. Das Satellitenzeitalter hat uns wunderschöne Farbaufnahmen dieser Beleuchtung beschert. Da der Lichteinfall in niedrigen Breiten nahezu senkrecht ist, wird die Atmosphäre dort viel stärker erwärmt als in polaren Breiten, die vom Licht nur gestreift werden. Die Nachtseite der Erde empfängt kein Sonnenlicht, abgesehen von dem zeitweilig am Mond reflektierten Licht. Schließlich sorgt die jahreszeitlich wechselnde Neigung der Erdachse zur Sonne hin oder von ihr fort für einen periodischen Wechsel der Beleuchtungsintensität auf den beiden tagseitigen Viertelkugeln.

Einstrahlung bedeutet hauptsächlich Erwärmung. Die Ungleichförmigkeit der atmosphärischen Erwärmung mit Länge und Breite schafft die Notwendigkeit atmosphärischer Ausgleichsbewegungen. Diese Ungleichförmigkeit wird zusätzlich verstärkt durch die topologisch und thermisch bedingte, von Ort zu Ort verschiedene Oberflächenabsorption des Lichts. Hohe Berglagen mit ihren niedrigen Temperaturen tragen eine permanente Schneebedeckung, ein gleiches gilt für die Polargebiete oder die kalten, winterlich verschneiten subpolaren und mittleren Breiten. All diese Zonen reflektieren Sonnenlicht am Tage, strahlen einen Teil des absorbierten Lichts nachts in Gestalt von Wärme im infraroten Licht in den Weltraum zurück und verhindern die Aufwärmung der über ihnen liegenden Luftschichten. Andrerseits absorbieren die großen ozeanischen Wasserflächen das Licht nahezu vollständig und speichern seine Energie; auf diese Weise agieren die Ozeane als Wärmespeicher, Thermostaten, Klimaregler, die für eine relativ gleichmäßige Temperatur auf der Erde Sorge tragen.

Um die entstehenden Temperaturdifferenzen auszugleichen, werden die leicht beweglichen Luftmassen in großer Menge ständig hin und her verschoben und sind als Winde und Zirkulationssysteme in der Atmosphäre unterwegs. Zirkulationen gäbe es auch, wenn sich die Erde nicht drehte. Es gäbe dann zwar einen großen Temperaturunterschied zwischen Tag und Nacht, aber Ausgleichsvorgänge und mit ihnen Luftbewegungen fänden in jedem Fall statt. Die Venus ist ein Beispiel eines sich sehr langsam drehenden Planeten. Das Zirkulationssystem der Venus besteht aus vier raumfesten Zellen, den Hadley-Zellen, so benannt nach ihrem Entdecker. Am Äquator, dem gemeinsamen Rand der Zellen, steigt die warme und sich ausdehnende Luft bis zur Tropopause auf, wandert dann, sich dabei abkühlend, bis zu den Polen, wo sie, kalt und verdichtet, auf die Oberfläche der Venus absinkt und, sich langsam wieder erwärmend, vom Pol zum Äquator zurückströmt, um dort den Kreislauf wieder von neuem zu beginnen. Solche Verhältnisse herrschten auch in unserer Atmosphäre, drehte sich die

Erde nicht; es wäre langweilig, ohne Tag und Nacht, mit immer gleichgerichteten Nordwinden und ungefähr konstanten Temperaturen. Aber die Erdrotation ruft eine Besonderheit der atmosphärischen Bewegung hervor. Warme Luft nämlich, die am Äquator aufsteigt und sich nach Norden oder Süden auf den Pol zu bewegt, hat noch dieselbe Rotationsgeschwindigkeit wie die Erde am Äquator, höher als die Rotationsgeschwindigkeit in subäquatorialen oder mittleren Breiten. Diese Luft rotiert rascher und eilt der Erde voraus, und das umso stärker, je weiter sie sich vom Äquator entfernt. Kalte Luft aus höheren Breiten wiederum rotiert langsamer und bleibt hinter der Erde zurück, wenn sie sich in Richtung Äquator bewegt. In beiden Fällen wird die Luft wie durch eine scheinbare Kraft, die Corioliskraft, seitwärts abgelenkt und beginnt zu rotieren. Auf diese Weise entstehen die horizontalen atmosphärischen Zirkulationen und Windgürtel: der Passatgürtel in den Subtropen mit Winden aus Nordost auf der Nord-, aus Südost auf der Südhalbkugel, die wetterbestimmenden Westwindzonen in mittleren Breiten und die polaren Ostwinde. An den Grenzen dieser Zonen bilden sich in großer Höhe häufig sehr rasche Strömungen aus, die Strahlströme, wie zum Beispiel zwischen West- und Ostwindzone in der subpolaren Region, denen die atlantischen Fluglinien im Gegenflug von Europa nach Amerika ausweichen und deren Schubkraft sie im Mitflug auf dem Rückweg ausnutzen.

Süd- und Nordhalbkugel sind in ihren Zirkulationssystemen nicht identisch, vor allem weil die größere Konzentration der Landmassen auf der Nordhalbkugel stärkere Aufheizungen und Abkühlungen zur Folge hat und deshalb für instabilere Verhältnisse sorgt. Die relativ gleichmäßigen, von den Ozeanen vorgeschriebenen Temperaturbedingungen auf der Südhalbkugel erzeugen viel stabilere Zirkulationssysteme und globale Winde. Das Klima wird damit weniger störanfällig als auf der Nordhalbkugel.

Zirkulationen haben mit Klima und Wetter zu tun, und die Luftbewegungen, der Wind, sind für sie entscheidend, weil sie es sind, die aus den Gebieten mit hohem Druck Luft in Gebiete mit niedrigem Druck transportieren. Die ins Tief einströmende Luft wird auf der Erdoberfläche abgelenkt und beginnt, um das Zentrum des Tiefs zu kreisen: es entsteht eine Zyklone. Auf der Nordhalbkugel rotiert sie immer im Gegenuhrzeigersinn, auf der Südhalbkugel im Uhrzeigersinn. Die Zyklone hat einen Durchmesser von wenigen tausend Kilometern und lebt einige Stunden bis zu einer Woche. In völliger Entsprechung zur Zyklone bildet sich um das Hochdruckgebiet herum eine Antizyklone aus, weil Luft aus dem Hoch abströmt und in gleicher Richtung zu kreisen beginnt. Die eigentliche Triebkraft des Systems Zyklone-Antizyklone ist der Temperaturunterschied zwischen

Subtropen und Subpolargebiet, der die Luftmassen in Bewegung setzt. An den Grenzen der rotierenden Luft entstehen Fronten, die sich auf der Erdoberfläche fortpflanzen und das großräumige Wetter bestimmen. Kaltfronten werden von Kaltluft vor sich her geschoben und bringen Niederschläge, weil in ihnen die in der Luft enthaltene Feuchtigkeit kondensiert. Hagelschauer sind der typische Ausdruck für sehr krasse Temperaturunterschiede an Kaltfronten; und weil mit der Kondensation des Wassers starke Wolkenbildungen verbunden sind, treiben Kaltfronten turmhohe Kumuluswolken vor sich her, denen sich hinter der Front oft ausgedehnte Schlechtwetterwolkenfelder anschließen. Aufwinde in den Kumuluswolken erzeugen Ladungstrennungen, elektrische Aufladungen der Luft und schließlich Gewitter, die wir meistens mit nachfolgenden Abkühlungen verbinden. Warmfronten transportieren warme Luft; sie sind nicht so sehr wetterbestimmend wie Kaltfronten, die in der Meteorologie direkt Kaltluftwalzen heißen, weil sie sich, ohne aufgehalten werden zu können, über die widerstandslose verdünnte Warmluft hinwegschieben und das Wetter radikal ändern.

Wetter, wie wir es landläufig kennen und – ach – so gern genau vorhersagen würden, ist eine lokale, an viele sehr verschiedene Gegebenheiten gebundene Erscheinung. Natürlich bestimmt das Klima der betreffenden Region im großen und ganzen das Wetter; aber das tatsächliche Wetter heute oder morgen kann von dem im Klima festgeschriebenen mittleren Zustand sehr stark abweichen. Bestimmt wird das Wetter durch das bereits herrschende Wetter. Es ist der Ausgangszustand für eine eventuelle Änderung, der vernünftigerweise nicht jede beliebige Veränderung zuläßt; hinzu aber treten andere Einflüsse, die sich niemals vollständig erfassen lassen: Einflüsse aus nahen und weiter entfernten Gebieten wie Variationen in der Zirkulation, Temperaturstürze oder -anstiege, auch Vegetationsänderungen, Oberflächenbeschaffenheiten der Erde, vulkanische Tätigkeit, deren Ursprung im Inneren der Erde zu suchen und klimaunabhängig ist, Einflüsse von Meeresströmungen, Vereisungen von Gewässern oder Schmelzen, Windänderungen, die Zusammensetzung der Luft, ein Punkt, in dem die menschliche Aktivität ins Wettergeschehen eingreift, und vieles andere mehr. Die Meteorologie ist, möchte man meinen, kein Gebiet, aus dem eine neue Physik hervorgehen könnte, in der man neue physikalische Gesetze auffinden würde, die unser Weltbild veränderten; wir kennen, außer den anthropogenen Einflüssen auf die Umwelt, die Luft und damit das Wettergeschehen, im wesentlichen alle grundlegenden physikalischen Gesetze, denen das Klima und das Wetter unterliegen. Was wir jeweils nicht genau kennen, sind die ungeheuer vielfältigen Anfangs- und Randbedingungen, die zu den Gesetzen hinzuaddiert werden müssen, um eine Lösung der Gleichungen

konstruieren zu können. Meteorologie ist Gas- und Hydrodynamik von verschiedenen Gasgemischen im Schwerefeld, verkoppelt mit Strahlungsphysik und atmosphärischer Chemie. Wir können uns nicht aus der Affaire ziehen und sagen, wir kennten die zugehörige Physik nicht: wir kennen sie wohl und sehr genau. Und trotzdem ist es unmöglich, das Wetter mit der von uns gewünschten Sicherheit vorherzusagen, das heißt den Wetterzustand zu einem bestimmten Zeitpunkt vorher auszurechnen. Natürlich ist es sehr einfach, wenn es gerade regnet, vorherzusagen, es werde in einer Viertelstunde auch noch regnen. Selbst das ist zuweilen falsch; aber da das Wetter eine gewisse Trägheit oder – wie man sagt – Erhaltungsneigung zeigt, hat man bei Kurzzeitvorhersagen eine gute Chance, das Richtige zu treffen, wenn man den Trend einfach extrapoliert. Das war die bewährte Methode der Wetterpropheten.

Inzwischen, mit Verfügbarkeit des weltweiten meteorologischen Informationssystems, ist diese Methode von einer besseren abgelöst worden: Satelliten beobachten die Großwetterlagen ununterbrochen aus dem Weltraum, und eine Reihe von Großcomputeranlagen speichert die gesammelte Information über die Wetterverhältnisse in der in viele kleine Zellen eingeteilten Atmosphäre, füttert sie mit ständig neuer Information und verfolgt die Trends in allen diesen Zellen. Diese Methode, die eine halbempirische ist, hat sich als die zuverlässigste erwiesen, jedenfalls was die kürzerfristigen Wettervorhersagen betrifft. Längerfristige Vorhersagen werden jedoch immer ungenau bleiben, weil für sie nicht genügend Information zur Verfügung steht. Und leider ist ihre Berechnung aus den bekannten Gleichungen nicht möglich. Der Meteorologe steht vor all seinen Gleichungen, einem ausgedehnten, komplizierten System von miteinander verknüpften Symbolen, deren Bedeutung dem Laien kaum verständlich gemacht werden kann; er weiß, daß sie ihm sein Wetter vollständig oder zumindest ausreichend gut beschreiben, sobald er die richtigen Rand- und Anfangsbedingungen festlegt, und kann sie doch nicht lösen. Eine Zeitlang hat er geglaubt, der Computer, wäre er nur groß und schnell genug, würde ihm die Arbeit abnehmen und bei ausreichend langer Rechenzeit beliebig genaue Vorhersagen erlauben; denn das Gleichungssystem der Meteorologie ist deterministisch. Er glaubte wie Laplace, der annahm, die Welt sei eine berechenbare Maschine, die Atmosphäre sei eine Maschine, eine etwas weniger komplizierte als die Welt. Aber diese Erwartung wurde böse enttäuscht.

E. Lorenz, ein in den Vereinigten Staaten arbeitender Meteorologe, versuchte das Problem 1963 mit Hilfe eines numerischen Codes auf dem Computer zu lösen. Er hatte die Gleichungen bereits auf den einfachsten Fall reduziert; sie waren zwar noch nichtlinear, beschrieben aber nur drei von-

einander abhängende Oszillationsamplituden. Was er fand, war überraschend und revolutionierend: Die numerischen Lösungen lieferten ihm nicht den erwarteten eindeutigen Endzustand, sondern sprangen wahllos zwischen verschiedenen Zuständen herum, von denen nicht vorhergesagt werden konnte, welcher von ihnen zu einem gegebenen Zeitpunkt wirklich eintreten würde. Lorenz hatte das Chaos entdeckt, den ersten sogenannten seltsamen Attraktor gefunden. Korrekterweise muß man hinzusetzen, daß Fermi, Ulam und Pasta bereits zehn Jahre zuvor bei der numerischen Berechnung von bestimmten physikalischen Prozessen in der Beschleunigungsphysik einem ähnlich irregulären Problem begegnet waren; aber die Computerrechnung von Lorenz zeigte, daß es sich bei diesem Vorgang um etwas Prinzipielles handelte, nicht um ein Problem der momentanen Rechengenauigkeit des verfügbaren Computers. Plötzlich wurde verständlich, warum die Meteorologie grundsätzlich keine genauen Vorhersagen vorlegen kann: Das von ihr beschriebene System der atmosphärischen Änderungen ist so hoffnungslos kompliziert, daß es sich in weiten Bereichen seines Verhaltens auf keinen Zustand präzise festnageln läßt. Obwohl die Gleichungen anscheinend im Prinzip die Entwicklung der Atmosphäre genau und für alle Zeiten festlegen, ist diese Festlegung nur scheinbar. Kleinste Ungenauigkeiten bringen das System aus seinem Gang und lassen es unvorhersagbar von einem Zustand zum anderen springen, ja, die Atmosphäre »weiß selbst nicht, was sie will, und erinnert sich nicht daran, woher sie kommt«. Auf diese Weise hat sich die Meteorologie, das Stiefkind der exakten Wissenschaften, auf das alles mit schelem Grinsen hinunterschaut, zum Ausgangsgebiet einer neuartigen physikalischen Entwicklung gemausert, die ihr die Physik längst wieder aus der Hand genommen und zu einem eigenständigen Gebiet, der Chaostheorie, erhoben hat.

Woher aber kommt die Luft auf der Erde? Es ist durchaus nicht selbstverständlich, daß die Erde eine Atmosphäre hat, in der es sich leben läßt. Die Erde besaß sie nicht immer, nicht in dieser uns heute vertrauten, zuträglichen und angenehmen Form und Zusammensetzung.
Atmosphäre ist ein relativer Begriff. Jeder begrenzte Körper, selbst der festeste, hat bei einer Temperatur, die von absolut Null verschieden ist, eine »Atmosphäre«. Sogar von unserem Universum als Ganzem, so unvorstellbar das klingt, darf man erwarten, daß es eine Atmosphäre besitzt, eine Schicht aus im Vergleich zu seiner Ausdehnung winzigen, tropfenförmigen Universen, Babyuniversen sozusagen, die mit ihm über dünne Kanäle, »Wurmlöcher«, zusammenhängen. Steine und Sterne haben Atmosphären, auch Schwarze Löcher. Der Grund dafür sind die Schwingungen, die die

einen Körper bildenden Teilchen bei vorgegebener Temperatur ausführen. Einige wenige Teilchen bekommen bei einer solchen Schwingung zufällig ausreichend Energie mit, um sich aus dem Verband der Teilchen im Körper lösen zu können. Sie verdampfen, und wenn der Körper nicht genügend Schwerkraft auf sie ausüben kann, hält sie nichts, und sie entfernen sich von ihm. Wenn er sie aber halten kann, so bilden sie um ihn herum eine gasförmige Schicht, eben eine Atmosphäre. Die Atmosphären der Sterne mit den größten Schwerkräften, der Neutronensterne, sind nur zentimeterdick. Weiter lassen sie die Teilchen nicht von ihrer Oberfläche fortkommen. Schwarze Löcher haben Atmosphären von größerer Dicke, die sich aus den an ihrer »Oberfläche« im Schwerefeld spontan bildenden Elektronen-Positronenpaaren aufbauen. Sterne wie die Sonne, das ist die überwiegende Anzahl der Sterne, besitzen ausgedehnte Atmosphären, die sehr heiß sind, 6000 K an der Sonnenoberfläche, eine Million K nur 3000 km darüber. Solche Atmosphären können von den Sternen nicht vollständig gehalten werden. Sie strömen als starke Sternwinde in den Raum zwischen den Sternen hinaus, wo sie sich vermischen und miteinander wechselwirken. Der Wind von der Sonne, der Sonnenwind, beeinflußt alle Planeten unseres Sonnensystems einschließlich der Erde.

Ganz am Anfang, als die Erde durch Kondensation des interplanetaren Staubes entstand und ebenfalls eine Atmosphäre besaß, hat dieser Wind, der damals gewaltig stark wehte, die Atmosphäre der Erde einfach weggeblasen, so wie er es viel später auch mit der Atmosphäre des Mondes getan hat. Diese Primäratmosphäre war zum Leben, wie wir es heute kennen, nicht geeignet. Sie war eine Atmosphäre aus einem Gemisch von verschiedenen Verbrennungsprodukten, vorwiegend aber Kohlendioxid, ganz ähnlich der Atmosphäre der Venus mit ihren 200° C Oberflächentemperatur. Nach Nachlassen des Sonnenwindes erst konnte die Sekundäratmosphäre entstehen, als Gas aus der Erde hinausdiffundierte und vulkanische Tätigkeit für den heftigen Ausstoß von Gasen aus der Erde sorgte. Hohe Temperaturen herrschten auch damals, vorwiegend wegen dem vom Kohlendioxid zu verantwortenden Treibhauseffekt, dem unsere Zivilisation bei weiterer unbegrenzter Zunahme des Kohlendioxids in der Atmosphäre erneut entgegensehen kann. Auch Wasserdampf in der Atmosphäre, den es zur damaligen Zeit reichlich gab, trägt zum Treibhauseffekt bei. Beide absorbieren die von der warmen Erde im infraroten Wellenlängenbereich in den Raum abgestrahlte Energie und senden sie teilweise wieder zurück zur Erde. Dabei erwärmt sich die unterste Atmosphärenschicht so lange, bis sich ein Gleichgewicht einstellt, Kohlendioxid und Wasserdampf »gesättigt« sind und die Überschußenergie in den Weltraum entweichen kann. Das Kohlen-

dioxid wirkt wie eine Decke. Damals betrug seine Konzentration ungefähr 12 Prozent, die des Wasserdampfs 80 Prozent, Schwefeldioxid gab es zu etwa 7 Prozent, und der Rest waren Stickoxide und Spurengase. Sauerstoff enthielt diese Luft nur in gebundenem Zustand. Landleben der uns bekannten Form, das auf Sauerstoff angewiesen ist, gab es nicht. Und weil es keinen Sauerstoff gab, gab es auch kein Ozon, und das UV-Licht der Sonne drang ungehindert auf die Erdoberfläche vor und hielt sie keimfrei. Leben gab es wahrscheinlich erst unterhalb von etwa 10 m unter der Wasseroberfläche. Dort benutzten die Organismen das im Wasser gelöste Kohlendioxid zur Gewinnung von Kohlenstoff. Den Sauerstoff setzten sie als Abfallprodukt frei, und er war es, der aus dem Wasser herausperlte und in die Atmosphäre stieg, zuerst das Ozon bildete und mit ihm den Schutzschirm vor dem solaren ultravioletten Licht schuf, der es den Organismen gestattete, auch aufs Land zu gehen. Dort, in der warmen, kohlendioxidhaltigen Atmosphäre hatten sie die Möglichkeit, sich in großem Maße an der Sauerstoffproduktion zu beteiligen. Allerdings war für die meisten von ihnen der Sauerstoff ein Gift. Es überlebten darum nur Sorten, die Sauerstoff gegenüber neutral waren oder ihn selbst zum Atmen brauchten, Lebewesen unserer biologischen Struktur. Mit dem Abbau von Kohlendioxid sanken die Temperaturen in der Atmosphäre auf den Bereich zwischen 0 und 100° C ab, in dem sich Eiweiße aufbauen können, und die Einstellung eines empfindlichen, genau tarierten Gleichgewichts zwischen Kohlendioxidgehalt, Sauerstoffgehalt, Temperatur und Menge der Kohlendioxid abbauenden und Sauerstoff verbrauchenden Lebewesen schuf die angenehmen atmosphärischen Bedingungen auf der Erdoberfläche. Das ist der kurz erzählte Hergang der Entwicklung unserer Atmosphäre. Wie aber geht es weiter, und was wird ihre Zukunft sein?

Es ist sehr schwierig, irgend etwas Definitives über die Zukunft der Atmosphäre und mit ihr der klimatischen Verhältnisse auszusagen. Aus astrophysikalischen Gründen ist es gewiß, daß dem Beginn der Existenz von Leben auf der Erde ein Ende folgen wird; aber der Zeitpunkt dafür liegt in fernen Zeiten und berührt uns augenblicklich wenig, auch wenn wir etwas traurig werden angesichts der Vergänglichkeit all dessen, was die Menschheit erreicht, geschaffen, erkannt hat und haben wird, aller Einsichten in die Zusammenhänge der Welt und der in ihr ablaufenden Prozesse, aller technischen Leistungen und all der Kunstwerke verschiedenster Art. Die Anstrengung, die menschenwürdig wäre, besteht in der vollen Ausnutzung dieser Zeitspanne. Eine der elementaren Voraussetzungen dafür ist die weitere Existenz der Atmosphäre in einer der heutigen ungefähr vergleichbaren Form. Mit absoluter Sicherheit finden sich auf keinem der Planeten unseres

Sonnensystems auch nur annähernd ähnliche, für den Menschen günstige atmosphärische Verhältnisse vor. Der Mensch ist in diesem kleinen, von ihm bewohnten Paradies mit seinem allgemein milden, angenehmen Klima gefangen. Naturkatastrophen wie riesige Vulkanausbrüche von der Art der Krakatauexplosion im vorigen Jahrhundert, die über Jahre den Himmel verdunkeln und das Klima beeinflussen, Kalt- oder Warmzeiten usw. lassen sich weder voraussehen noch vermeiden. Seit einer Milliarde Jahren ist trotz solcher Katastrophen die Atmosphäre der Erde im Gleichgewicht geblieben. Ohne die Anwesenheit des Menschen könnte man getrost eine Fortsetzung dieses Gleichgewichtszustandes erwarten. Der Mensch von heute hat es in der Hand, ob es dabei bleiben wird oder nicht. Nukleare Winter können das Gleichgewicht erheblich verändern. Vermeiden wir aber die kriegerische Auseinandersetzung, so droht von der Seite der Überladung der Atmosphäre vor allem mit Kohlendioxid die größte Gefahr. Es ist schwer zu erkennen, wie das vermieden werden kann; denn der steigende Energiebedarf schlägt sich vorwiegend in höherem Verbrauch und schließlich in einer größeren Menge von Kohlendioxid nieder, sei es direkt erzeugt oder sekundär als Überbleibsel der Vernichtung von Abfällen. In der Atmosphäre angereichert führt dieses Gas mit Sicherheit zum Treibhauseffekt mit allen seinen Konsequenzen, deren erste der Temperaturanstieg und die globale Klimaänderung sind. Svante Arrhenius hat das bereits 1890 vorhergesehen. Gegenwärtig erwärmt sich die Atmosphäre stetig. Zwischen 1970 und 1980 stieg die mittlere Temperatur um 0.3° C. 1988 war das wärmste Jahr seit 1850, dem Beginn der globalen Temperaturaufzeichnungen. Eine Verdopplung des Kohlendioxidgehalts der Luft bei nicht wachsender Erzeugungsrate wird für das Jahr 2080 vorhergesagt. Das bedeutet einen globalen Temperaturanstieg um 2° C. Aber die stärkste Erwärmung findet in der Nähe der Pole statt; Windänderungen, Strömungsänderungen, Abschmelzen der Polkappen, kurz, starke klimatische Änderungen werden die Folge sein. Realistischere Vorhersagen, die die industrielle Entwicklung und den Ausstoß von Methan berücksichtigen, sehen diese Ereignisse bereits ab 2030 auf die Atmosphäre zukommen.

Man kann nicht mit Sicherheit vorhersagen, ob die unmittelbaren anfänglichen Auswirkungen des Treibhauseffekts so schädlich sein werden, wie es klingt. Vielleicht verhindert der Treibhauseffekt das Einsetzen der nächsten Kaltzeit, die ebenfalls sehr unangenehme Folgen hätte; vielleicht führt er auch nur zu klimatischen Verschiebungen, die mit Hilfe technischer Kunstgriffe gemeistert werden können. Auf sehr lange Sicht wird er die Atmosphäre der Erde stärker erwärmen, als uns lieb und dem Leben zuträglich sein wird. Wer aber kann vorhersagen, welche Auswege die technische

Entwicklung dann anbieten wird: Unterwasserstädte in immer gleicher Temperatur oder ähnliches. Ein einfacher Ausweg, der dem Treibhauseffekt entgegenwirkte und nicht zum Stop der industriellen Entwicklung und Drosselung des Energiebedarfs zwänge, wäre der extensive Anbau von Grünpflanzen in gleichem Maße, wie der Kohlendioxidgehalt der Luft steigt. Der Abbau von Kohlendioxid, den die Grünpflanzen, Wald vor allem, mit sich bringen, wirkt sich automatisch gleichgewichtserhaltend aus. Diesen Weg zu gehen, dürfte am einfachsten sein. In jedem Falle aber sollte der Treibhauseffekt bei jeder langfristigen Planung berücksichtigt und an die Erhaltung unserer Atmosphäre gedacht werden. Niemand schenkt dem Menschen eine neue, in der er leben kann, wenn diese verdorben ist. Der Atmosphäre, der Natur ist es im Grunde egal. Sollte der Mensch von dieser Erde verschwinden, so werden in wenigen Jahrtausenden die Pflanzen wieder den Planeten beherrschen und das Gleichgewicht zwischen Sauerstoff und Kohlendioxid wieder hergestellt haben, und niemand wird sich mehr unser erinnern.

Merkwürdigkeiten des Himmels

So viel von der Welt selbst und den Gestirnen. Nun wollen wir zu den übrigen Merkwürdigkeiten des Himmels übergehen; denn auch das nannten die Alten Himmel, was wir jetzt mit einem anderen Namen *Luft* nennen. Dieser Lebenshauch nimmt allen scheinbar leeren Raum ein. Unterhalb des Mondes ist ihr Sitz, und noch viel tiefer (wie ich allgemein angenommen finde) wird sie, indem sich eine unendliche Menge der obern Luft mit einer unendlichen Menge irdischer Ausdünstungen mischt, mit beiden Anteilen erfüllt. Daraus entstehen Wolken, Donner und Blitz, Hagel, Reif, Regen, Stürme und Wirbel. Von da herab kommen die meisten Übel der Menschen, und dort ist der Schauplatz des Kampfes der Naturkräfte unter sich. Die Macht der Gestirne drückt die irdischen, zum Himmel strebenden Teile nieder und zieht die, welche nicht von selbst aufsteigen, zu sich empor. Regen fällt herab, Nebel steigen auf, Flüsse trocknen aus, Hagel stürzt nieder, die Sonnenstrahlen dörren die Erde aus, drängen sie von allen Seiten nach der Mitte hin, prallen ungeschwächt zurück und nehmen mit sich, was sie können. Die Hitze kommt von oben und steigt wieder dahin zurück. Leer stürzen die Winde herbei und kehren mit Raub beladen wieder zurück. Viele Tiere ziehen die Luft von der Höhe ein; allein diese strebt wieder empor, und die Erde ergießt ihren Hauch in die Leere des Himmels. So wird, indem alles in der Natur wie in einem Triebwerke hier- und dorthin strebt, die Zwietracht durch die schnelle Bewegung der Welt genährt. Der Kampf kann nicht ruhen, sondern dauert bei dem reißend schnellen Umschwunge fort und zeigt, indem er mittels der Wolken plötzlich den Himmel anders überdeckt, die Ursachen der Erscheinungen in der die Erde umgebenden unermeßlichen Runde. Dies ist auch das Reich der Winde. Daher hat die Natur die vorzüglichsten Erscheinungen und fast alle übrigen Ursachen derselben dort vereinigt; denn die meisten schreiben auch den Donner und Blitz der Gewalt der Winde zu. Ja es hat sogar zuweilen Steine geregnet, die vom Winde emporgerissen waren, und vieles andere.

Plinius der Ältere (ca. 23-79): Historia naturalis II, 38; Üb. C. G. Wittstein

Peter Fabian
Ozon – Innenansicht eines Lochs

Unter allen Planeten unseres Sonnensystems zeichnet sich die Erde dadurch aus, daß es in ihrer Gashülle, der Atmosphäre, freien Sauerstoff gibt. Etwa ein Fünftel unserer Luft besteht aus diesem für unser Wohlergehen so wichtigen Gas, während die anderen Planeten allenfalls Spuren davon besitzen. Dieser hohe Sauerstoffanteil verdankt seine Existenz dem Umstand, daß sich auf der Erde Leben entwickelt hat und daß seit etwa vier Milliarden Jahren Myriaden von Mikroorganismen Sauerstoff durch Photosynthese zu produzieren imstande waren.

Mithin ist auch die Ozonschicht unserer Erdatmosphäre eine Folge biologischer Evolution und somit einmalig im Sonnensystem, denn Ozon ist ja nur eine andere Form des Sauerstoffs. Während sich beim normalen Sauerstoff jeweils zwei Atome zum Molekül O_2 verbinden, besteht das Ozonmolekül O_3 aus drei Atomen. Ein kleiner Teil des Luftsauerstoffs wird durch die UV-Strahlung der Sonne laufend in Ozon umgewandelt; sie spaltet O_2-Moleküle in Atome, die sich wiederum mit O_2 zum O_3 verbinden können. Die optimalen Bedingungen für diese Ozonbildung sind in etwa 30 km Höhe gegeben: Dort ist etwa jedes zwanzigtausendste Sauerstoffmolekül in Ozon umgewandelt; nach oben wie auch nach unten nimmt der Ozonanteil ab. Ozon ist also nur Spurenbestandteil einer Schicht, die von etwa 10 bis 80 km Höhe reicht. Dennoch ist die Wirkung dieser Ozonschicht von fundamentaler Bedeutung: Zum einen absorbiert sie die gefährliche UV-Strahlung der Sonne, die sonst alles Leben auf dem Festland zerstören würde. Zum anderen bewirkt die Energie dieser in der Höhe absorbierten Strahlung dort eine Aufheizung, die sich als warme Schicht, die Stratosphäre, mit einem Temperaturmaximum bei 50 km Höhe manifestiert.

Der Mensch als »Krone der Schöpfung«, als höchstentwickeltes Glied der biologischen Evolution, ist im Begriff zu zerstören, was erst als Folge biologischer Prozesse in der Erdatmosphäre entstehen konnte, die Ozonschicht. Er bewerkstelligt dies dadurch, daß er große Mengen der verschiedensten Chemikalien in die Luft entweichen läßt, welche direkt oder indirekt die Ozonschicht angreifen.

Der amerikanische Chemiker Harold Johnston war der erste, der Anfang der siebziger Jahre auf eine derartige Gefährdung der Ozonschicht hinwies. Er berechnete, daß 2 Millionen Tonnen Stickoxid, pro Jahr aus den Triebwerken einer damals für die neunziger Jahre projektierten Flotte von 500 zivilen Überschallflugzeugen des Typs Boeing in der Stratosphäre ausgestoßen, die Ozonschicht um etwa 50 Prozent reduzieren würden. Stickoxide, in Höhen oberhalb 20 km in die Atmosphäre abgelassen, führen nämlich zu einer katalytischen Rückbildung von Ozon in normalen Sauerstoff. Johnstons Arbeit löste internationale Forschungsprogramme aus, deren Ergebnisse die prinzipielle Richtigkeit seiner Prognosen bestätigten und letztlich dazu führten, daß das zivile Überschallflugzeug nicht in Serie ging. Der unvollendete Prototyp wurde von einem findigen Geschäftsmann aufgekauft und steht heute als Restaurant in der Wüste des US-Staates Utah.
Ähnlich wie Stickoxide, nur sehr viel effektiver, wirken Halogene wie Chlor und Brom als Ozonkiller, indem auch sie die Rückbildung von Ozon in normalen Sauerstoff katalysieren. Hier waren es die amerikanischen Chemiker Mario Molina und Sherry Rowland, die 1974 die Weltöffentlichkeit mit einer Hypothese alarmierten, wonach der steigende Verbrauch großer Mengen von Fluorchlorkohlenwasserstoffen (FCKW) zu einem allmählichen globalen Abbau der Ozonschicht führen werde. Etwa 600 000 Tonnen Trichlor-Fluor-Methan (FCKW-11) und Dichlor-Difluor-Methan (FCKW-12) wurden damals pro Jahr weltweit als Treibgas aus Spraydosen, als Kältemittel aus defekten Anlagen und bei Schäumungsprozessen in die Atmosphäre abgelassen, und diese Menge nahm jährlich um etwa 10 Prozent zu.
Diese Substanzen sind außerordentlich stabil, ohne Geruch und Geschmack, nicht giftig und nicht brennbar, und eben dies erklärt ihre Beliebtheit als Treibgas gerade im kosmetischen Bereich. Wiederum wegen ihrer Stabilität werden diese Stoffe in der Troposphäre praktisch nicht abgebaut, sondern reichern sich allmählich an. Die mittlere atmosphärische Lebensdauer von FCKW-11 beträgt mindestens 55 Jahre, diejenige von FCKW-12 mehr als 100 Jahre. Diese Zeit reicht aber aus, daß ein Großteil der FCKW mit den Winden in die Stratosphäre verfrachtet wird, wo die UV-Strahlung der Sonne – ungeschwächt – diese Substanzen in ihre Bestandteile zerlegt und damit die Chlor- und Fluoratome freisetzt, die nun ihr katalytisches Spiel mit dem Ozon beginnen können.
Doch anders als bei dem zivilen Überschallflugzeug, dessen Produktion wegen seiner Bedrohung für die Ozonschicht gar nicht erst aufgenommen wurde (natürlich haben auch andere, vorwiegend wirtschaftliche Gründe zur Absetzung des zivilen Überschallflugzeuges bei Boeing beigetragen),

geht die Emission der FCKW in aller Welt weiter. Zwar wurden als Folge der durch Molina und Rowland ausgelösten Sorge um den Fortbestand der Ozonschicht in Kanada, Norwegen, Schweden und den USA unter starkem öffentlichen Druck FCKW-Treibgase in Sprühdosen zu über 90 Prozent per Gesetz verboten. Da 56 Prozent der produzierten Mengen von FCKW-11 und 12 damals als Treibgas verwendet wurden, bewirkte diese gesetzliche Regelung immerhin, daß die weltweite Emission dieser Substanzen in die Atmosphäre nicht weiter anstieg. Die Länder der Europäischen Gemeinschaft verständigten sich 1977 darauf, die Produktionsmengen für FCKW-11 und 12 nicht mehr zu steigern. Die Gesamtmenge dieser jährlich in die Atmosphäre abgelassenen Halogenverbindungen pendelte sich somit bis 1985 bei etwa 700 000 Tonnen ein; sie ist seitdem wieder leicht gestiegen und liegt heute bei etwa 800 000 Tonnen pro Jahr.

Derart große Einträge lassen sich durch Messungen der Konzentration dieser Substanzen in der Atmosphäre, die jedes Jahr um etwa 5 Prozent anwächst, laufend verfolgen. Obwohl die Emission zu über 90 Prozent in den Industrieländern der Nordhemisphäre erfolgt, sind nur geringfügige geographische Konzentrationsunterschiede festzustellen, da die äußerst langlebigen FCKW mit den Winden nahezu gleichmäßig über den gesamten Globus verteilt werden. Dabei dringen sie langsam, aber stetig in die höheren Atmosphärenschichten vor, wo unter Einwirkung der solaren UV-Strahlung ihr Abbau und damit die Freisetzung der ozonzerstörenden Halogene erfolgt.

Mit Modellen, welche die in der Atmosphäre ablaufenden photochemischen und dynamischen Prozesse im Großrechner nachbilden, läßt sich der Einfluß der FCKW auf die Ozonschicht untersuchen. Hiernach ist die Ozonschichtdicke bereits heute weltweit um etwa ein Prozent reduziert. Diese Reduktion wird mit den Jahren, wenn wir weiterhin gleichbleibende Mengen FCKW in die Luft ablassen, weiter wachsen und sich gegen Ende des nächsten Jahrhunderts auf einen Endwert von etwa 6 Prozent einpendeln. Dieser langsame und insgesamt geringe Ozonabbau war die wesentliche Ursache dafür, daß sich über all die Jahre keine politische Lösung zur Emissionsverminderung finden ließ. Mehr noch, es gab mannigfache Bestrebungen, die Produktionslimits doch wieder aufzuheben, wobei wissentlich oder unwissentlich vergessen wurde, daß bei einer Rückkehr zu dem ursprünglichen Szenarium der jährlichen Produktionssteigerung von 10 Prozent die Ozonschicht im nächsten Jahrhundert um mehr als die Hälfte zerstört sein würde. Hinzu kommt, daß neben FCKW-11 und 12 eine Vielzahl weiterer halogenierter Kohlenwasserstoffe produziert wird und mit mehr oder weniger großer zeitlicher Verzögerung auch in die Atmo-

sphäre gelangt. Hierzu gehören Tetrachlorkohlenstoff, FCKW-13, 22, 113, 114 und Methylchloroform, die als Lösungs-, Kälte- bzw. Treibmittel dienen, sowie die bromhaltigen Halone 12B1 und 13B1, die als Feuerlöschsubstanzen Anwendung finden. Die Gesamtmenge aller halogenierten Kohlenwasserstoffe, die zur Zeit weltweit in die Atmosphäre gelangen, beträgt mehr als 2 Millionen Tonnen pro Jahr, und diese Menge wächst weiterhin an, da es außer für FCKW-11 und 12 bislang keine vereinbarten Produktionslimits gibt.

Der beobachtete Ozonschwund in der Atmosphäre ist demzufolge größer als derjenige, der für den Eintrag der FCKW-11 und 12 allein berechnet wurde. Die Analyse aller verfügbaren Meßdaten ergibt für die letzten 15 Jahre einen Ozonverlust, der je nach geographischer Breite zwischen 1,6 und 3 Prozent variiert. Über der Antarktis ist dieser Schwund sogar noch erheblich größer, da dort der Effekt des Ozonloches durchschlägt.

Bevor wir uns jedoch diesem Phänomen zuwenden, sollen noch kurz die wichtigsten Auswirkungen der globalen Ozonschichtreduktion diskutiert werden. Sie bewirkt zum einen eine Verstärkung der schädlichen UV-Strahlung am Erdboden. Jedes Prozent Ozonschichtreduktion erhöht dabei den UV-Strahlungsfluß um etwa 2 Prozent. Vielleicht noch wichtiger ist aber der klimatische Effekt auf die Stratosphäre: Die hier diskutierte Ozonschichtreduktion resultiert nämlich aus einer Ozonzerstörung oberhalb 30 km Höhe. Nur dort entfalten die Chloratome, die aus den halogenierten Kohlenwasserstoffen freigesetzt werden, ihre Wirkung, wobei ihr Effekt bei 40 km am stärksten ist. Bereits heute fehlen in dieser Höhe etwa 10 Prozent Ozon, und dieser Verlust wird im Lauf der nächsten 50 Jahre auf 25 Prozent anwachsen. Als direkte Folge müssen wir für die Stratosphäre mit einer stetigen Abkühlung rechnen, denn weniger Ozon vermag weniger Sonnenenergie zum Aufheizen dieser Schicht zu absorbieren. So dürfte sich der Höhenbereich um 40 km innerhalb der kommenden 50 Jahre um 10 bis 15 Grad abkühlen.

Die Entdeckung des Ozonloches über der Antarktis – völlig unerwartet und von niemandem vorhergesagt – bedeutete eine entscheidende Wende. Bis dahin hatten die Wissenschaftler Schwierigkeiten gehabt, die Öffentlichkeit und insbesondere die Politiker auf die Gefährdung der Ozonschicht aufmerksam zu machen, was überwiegend daran lag, daß »Beweise« fehlten. Messungen der Ozonschichtdicke vom Boden wie vom Satelliten aus konnten zunächst nicht widerspruchsfrei zu einer Bestandsaufnahme der Ozonschicht zusammengeführt werden, aus der sich Veränderungen eindeutig hätten nachweisen lassen. Dazu kam, daß der globale Ozonabbau nur langsam geschieht und die Ozonschicht auch durch natürliche Fluktuationen als

Folge des Einflusses des Sonnenaktivitätszyklus, des ozeanischen El-Niño-Effektes und einer 26-monatigen Oszillation der Atmosphäre geprägt wird. Erschwerend für die »Glaubwürdigkeit« der Modellvorhersagen kam hinzu, daß deren Ergebnisse im Laufe der Jahre selbst mehrmals an Hand neuer reaktionskinetischer Erkenntnisse revidiert werden mußten. Mit der Entdeckung des Ozonloches war die Frage der Beweise für die Veränderungen in der Ozonschicht erledigt, denn wenn während der Frühjahrsmonate September und Oktober mehr als die Hälfte des Ozons über dem antarktischen Kontinent regelrecht verschwindet, so ist dieses Phänomen nicht mehr wegzudiskutieren. Die Frage war jetzt, ob das Ozonloch durch natürliche Vorgänge oder durch den Menschen verursacht wird.

Die Geschichte der Entdeckung des Ozonloches liest sich spannend wie ein Kriminalroman: Der Japaner Shigeru Chubachi war der Erste, der auf drastische Ozonverluste in der Antarktis hingewiesen hatte. Auf einem internationalen Ozonsymposium, das im September 1984 in Griechenland stattfand, zeigte er ein Poster mit seltsamen Ergebnissen. Es veranschaulichte, daß die Ozonschichtdicke über der japanischen Antarktisstation Syowa, die normalerweise etwa 300 bis 330 Dobson-Einheiten[1] beträgt, während der Monate September/Oktober 1982 drastisch bis etwa 200 Dobson abfiel und sich erst danach wieder auf normale Werte erholte. Angesichts der Tatsache, daß die weltweit geringsten Ozonschichtdicken in den Tropen gemessen werden, dort aber kaum unter 250 Dobson absinken, und daß die Schichtdicke zu höheren Breiten zunimmt, hielten die Fachleute Chubachis Ergebnisse offenbar für Fehlmessungen. Sie blieben daher unbeachtet und wären vermutlich in Vergessenheit geraten, wenn sie nicht in den Proceedings dieser Tagung festgehalten worden wären.

Es blieb Wissenschaftlern des British Antarctic Survey vorbehalten, als Entdecker des Phänomens Ozonloch bekannt zu werden: Farman, Gardiner und Shanklin konnten an Hand der langen Meßreihen der britischen Antarktisstation Halley Bay zeigen, daß die Oktober-Mittel der Ozonschichtdicken über dieser Station von etwa 320 Dobson während der sechziger Jahre auf unter 200 Dobson im Oktober 1984 abgefallen waren, wobei das Ausmaß dieser Ozonreduktion seit Mitte der siebziger Jahre besonders rapide zugenommen hatte. Diese britische Arbeit erschien im Frühjahr 1985 in der renommierten Zeitschrift *Nature* und schlug buchstäblich wie eine Bombe ein.

Groß war die Überraschung in der gesamten Fachwelt, denn niemand hatte einen solchen Effekt vorausgesagt. Es gab nicht den geringsten Anhaltspunkt dafür, warum ein Ozonschwund dieses Ausmaßes so regelmäßig im September/Oktober über der Antarktis auftreten könne. Ganz besonders

überrascht war man bei der amerikanischen Weltraumbehörde NASA. Diese hatte nämlich seit Ende der siebziger Jahre einen besonders leistungsfähigen Ozonsensor an Bord des Satelliten NIMBUS 7 im Orbit, der eigens zur globalen Überwachung der Ozonschicht entwickelt worden war. Den für dieses Experiment zuständigen Wissenschaftlern war das Ozonloch aber überhaupt nicht aufgefallen, weil der Rechner für die Auswertung so programmiert gewesen war, daß er die abnorm niedrigen Ozonwerte als Fehlmessungen eingestuft und deshalb unterdrückt hatte. Die Nachanalyse der glücklicherweise gespeicherten Rohdaten ergab nun, wenn auch verspätet, eine überwältigende Fülle von Informationen über das Ausmaß und die Morphologie des Phänomens.

Das bisher tiefste »Loch« wurde im Oktober 1987 gemessen, wobei Schichtdicken bis herunter zu nur 120 Dobson beobachtet worden sind. Mehr als die Hälfte des Ozons über dem antarktischen Kontinent war zeitweise verschwunden, und direkte Messungen mit Ozonradiosonden ergaben, daß dieser Verlust überwiegend den Höhenbereich zwischen 10 und 25 km umfaßte, in dem fast alles Ozon vernichtet war.

Ein derart spektakulärer Effekt war eine Herausforderung an die Wissenschaft, denn das Ozonloch ließ sich mit der normalen Gasphasen-Photochemie, mit der alle Modelle bislang gearbeitet hatten, nicht erklären. Über der Antarktis mußte also etwas Besonderes passieren, das seiner Natur nach bislang unbekannt gewesen war. Es galt daher, nach diesen unbekannten Prozessen zu forschen, die offenbar nur in diesem Teil der Atmosphäre ihre Wirkung entfalten.

Hypothesen über den Einfluß des Aktivitätszyklus der Sonne, von Vulkanausbrüchen und anderen natürlichen Ursachen wurden aufgestellt und wieder verworfen, da sie im Widerspruch zu beobachteten Fakten standen. Expeditionen zur Antarktis, aber auch zur Arktis wurden buchstäblich aus dem Boden gestampft; ihre Ergebnisse zeigten deutlich, daß chemische Prozesse eine dominierende Rolle spielen müssen. Es lag an sich nahe, den infolge anthropogener Emission stark gestiegenen Halogengehalt der Atmosphäre als Ursache des Ozonloches in Betracht zu ziehen, ging es doch um die Erklärung eines Phänomens, das erst in den letzten 10 bis 15 Jahren akut geworden ist. Dem widersprechen aber die Ergebnisse der bislang bekannten chemischen Reaktionen, wonach Halogene wie Chlor erst oberhalb von 30 km Ozon abbauen, das Ozondefizit über der Antarktis jedoch im Höhenbereich von 10 bis 25 km beobachtet wird.

Inzwischen ergeben die Meßergebnisse der Expeditionen zusammen mit den Resultaten reaktionskinetischer Messungen im Labor sowie von Modellrechnungen ein Mosaik von Indizien, wonach nicht mehr daran gezwei-

felt werden kann, daß der Mensch der Verursacher des Phänomens Ozonloch ist. Halogene, überwiegend Chlor, freigesetzt aus halogenierten Kohlenwasserstoffen, sind demnach die primäre Ursache für den Ozonschwund über dem Südpolgebiet. Im Gegensatz zu anderen Breitenzonen, wo das im fraglichen Höhenbereich zwischen 10 und 25 km gebildete Chlor rasch in Form inaktiver Substanzen wie Chlornitrat und Chlorwasserstoff gebunden wird, so daß dort eine Einwirkung von aktivem Chlor auf Ozon erst oberhalb von 30 km einsetzt, kann über der Antarktis das aktive Chlor während der Winter- und Frühlingsmonate aus inaktiven Substanzen freigesetzt werden und in katalytischen Reaktionsketten Ozon zerstören.
Die ganz besonderen Prozesse, die über der Antarktis diese Umwandlung bewerkstelligen, werden ermöglicht durch die Existenz polarer stratosphärischer Wolken, die bis in eine Höhe von 25 km reichen. An den Oberflächen der Wolkenpartikel läuft eine ganz andere Chemie ab als in der reinen Gasphase. Obwohl viele dieser Prozesse im Detail noch nicht genau verstanden sind, zeigen die Ergebnisse der Feldmessungen zweifelsfrei, daß aktives Chlor dabei in ausreichender Menge produziert wird.
Die stratosphärischen Wolken wiederum verdanken ihre Existenz dem Umstand, daß es im Winter über der Antarktis mit −80° C und darunter extrem kalt wird. Dies ist die Folge einer sehr symmetrischen Zyklone, die sich, über dem Südpol zentriert, in der winterlichen Stratosphäre ausbildet. Ihr arktisches Gegenstück ist asymmetrisch und in seiner Lage variabel, so daß dort die stratosphärischen Wintertemperaturen durchweg um etwa 10 Grad höher sind als über dem Südpol. Stratosphärische Wolken kommen über der Arktis nur sporadisch vor, und es gibt auch Regionen verminderten Ozongehalts. Aber ein derart massiver Effekt wie über der Antarktis wurde dort bislang nicht beobachtet.
Alle Indizien sprechen dafür, daß das Ozonloch primär ein vom Menschen durch die Emission halogenierter Kohlenwasserstoffe verursachter Effekt ist, wobei die Meteorologie die ganz speziellen Bedingungen schafft, die zum Ablauf der Prozesse erforderlich sind. Das Innere der winterlichen Zyklone, das fast die Ausmaße des antarktischen Kontinents umfaßt, ist gegen den Rest der Atmosphäre abgeschlossen. Es ist gleichsam wie ein Gefäß, in dem die Reaktionsketten ablaufen, bei denen Ozon im Höhenbereich von 10 bis 25 km weitgehend vernichtet wird. Erst wenn sich die winterliche Zyklone nach Rückkehr der Sonne genügend erwärmt hat und in eine sommerliche Antizyklone übergeht, kann ozonreiche Luft von niederen Breiten einströmen und die ozonarme Luft über dem Südpol verdrängen. Extrem niedrige Ozonwerte, die im Dezember 1987 an drei australischen Stationen über drei Wochen hinweg gemessen wurden, können mög-

licherweise auf Reste ozonarmer Luft aus dem Ozonloch des Jahres 1987 zurückzuführen sein und gewissermaßen einen Eindruck möglicher Auswirkungen auf andere Länder der Südhemisphäre vermitteln.
Bisher ist nichts bekannt über mögliche Auswirkungen erhöhter UV-Strahlungsflüsse als Folge des Ozonlochs. Man kann sich vorstellen, daß Kleinlebewesen im Meer, insbesondere das Phytoplankton, das auf Photosynthese angewiesen ist und daher der UV-Strahlung nicht ausweichen kann, durch derart massive Verstärkung der UV-Bestrahlung geschädigt werden könnten. Derartige Effekte sind zur Zeit Gegenstand intensiver Forschung. Kritisch könnte es sein, wenn sich das Ozonloch auf andere Regionen ausdehnen würde, in denen Landvegetation, Menschen usw. dann stark erhöhten UV-Strahlungsflüssen ausgesetzt wären. Man muß sich klarmachen, daß die halogenierten Kohlenwasserstoffe, die als primäre Ursache des Ozonloches gelten, zu etwa 90 Prozent in mittleren nördlichen Breiten emittiert werden. Das Ozonloch tritt aber über der Antarktis auf, weit entfernt von den Emissionsquellen. Das liegt daran, daß diese Substanzen eine lange Lebensdauer haben und nahezu gleichmäßig über den Globus verteilt werden. Der Effekt könnte also letztlich überall auftreten, wo die stratosphärischen Temperaturen tief genug sind, daß sich stratosphärische Wolken bilden. In diesem Sinne kommt der weltweiten Abkühlung der Stratosphäre infolge des wachsenden Treibhauseffektes, aber auch infolge des langsamen globalen Ozonschwundes in der Stratosphäre eine immense umweltpolitische Bedeutung zu.
Nicht minder brisant erscheint in diesem Licht der Luftverkehr, insbesondere die Transpolarflüge, die meistens in die Stratosphäre eintauchen. Können die Kondensstreifen in den Flugkorridoren der nördlichen Stratosphäre, die ja nichts anderes als stratosphärische Wolken sind, ähnliche Prozesse auslösen wie die Wolken über dem Südpol?
Während der Mensch dabei ist, das Ozon der Stratosphäre zu vernichten, spielt sich hier unten in der Troposphäre genau das Gegenteil ab: Wegen der Emission von Schadgasen nimmt der Ozongehalt unserer direkten Umgebung laufend zu. Derartige Effekte kennt man schon seit langem aus Ballungsgebieten mit hoher Kraftfahrzeugdichte und intensiver Sonneneinstrahlung wie z. B. Los Angeles, wo sich aus Stickoxiden und Kohlenwasserstoffen unter Einwirkung des Sonnenlichtes hohe Konzentrationen von Ozon und anderen Photooxidantien aufbauen. In weiten Gebieten Europas und Nordamerikas hat die Ozonproduktion durch photochemische Smogreaktionen zu einem generellen Anstieg des Ozonanteils der Troposphäre geführt, der in den letzten 20 Jahren im Mittel etwa 3 Prozent pro Jahr ausmachte. Ursache hierfür ist primär die Zunahme der Emission von Stick-

oxiden, die zu fast 50 Prozent aus den Abgasen von Kraftfahrzeugen stammen. Drastische Ozonzunahmen werden auch aus vielen tropischen Regionen Südamerikas und Afrikas berichtet, die auf die Verbrennung von Biomasse, Brandrodung usw. zurückzuführen sind.

Diese Zunahme des troposphärischen Ozongehalts mag auf den ersten Blick erfreulich klingen, denn sie kompensiert immerhin einen Teil der Ozonabnahmen in der Stratosphäre. Was jedoch in der Höhe als Schutzschild gegen schädliche UV-Strahlung erwünscht ist, wirkt sich in der Troposphäre, also unserer direkten Umwelt, als Gift aus. Ozon ist ein starkes Oxidationsmittel, das nahezu alle Oberflächen angreift. Konzentrationen oberhalb 100 ppb (parts per billion = milliardstel Volumenanteil) gelten als gesundheitsschädlich. Diese 100-ppb-Schwelle wird heute in den meisten deutschen Großstädten an vielen Tagen des Jahres, insbesondere während stabiler Hochdruckwetterlagen, aber auch in »Reinluftgebieten« wie dem Schwarzwald, überschritten. Es besteht kaum Zweifel daran, daß Ozon und andere Folgeprodukte photochemischer Smogprozesse im Komplex der neuartigen Waldschäden eine wichtige Rolle spielen.

All dies zeigt, daß der Mensch die für das Leben auf der Erde vitale Ozonhülle bereits deutlich verändert hat. Ozonverminderungen in der Stratosphäre führen einerseits zu einer Destabilisierung des vertikalen Temperaturgefälles, denn sie sind mit einer Abkühlung in der Höhe und einer Erwärmung am Boden verbunden. Zum anderen verstärkt diese thermische Wirkung den Treibhauseffekt, dessen allmähliches Anwachsen als Folge der Emissionen von Kohlendioxid und anderen »Treibhausgasen« uns im Hinblick auf unser zukünftiges Klima ohnehin schon Sorgen macht. Auch die halogenierten Kohlenwasserstoffe sind an dem Anwachsen des Treibhauseffektes beteiligt, denn sie absorbieren Infrarotstrahlung gerade in dem Wellenlängenbereich um 10 µm, in dem die Atmosphäre ansonsten nahezu transparent ist.

Die halogenierten Kohlenwasserstoffe stellen somit in mehrfacher Weise ein schwerwiegendes Umweltproblem dar: Sie sind verantwortlich für den langsamen globalen Abbau von Ozon in der Stratosphäre; dieser wiederum führt dort zu einer Abkühlung, was indirekt den Treibhauseffekt verstärkt. Halogenierte Kohlenwasserstoffe sind ferner verantwortlich für das Ozonloch über der Antarktis, und schließlich verstärken diese Substanzen vermöge ihrer Infrarot-Absorptionseigenschaften direkt den Treibhauseffekt. Alle diese Probleme haben globale Dimensionen; es ist belanglos, wo die Emissionen erfolgen, die Emission an sich stellt die Umweltgefährdung dar. Deshalb muß eine weltweite drastische Verringerung der Emissionen gefordert werden, um die Umweltschäden zumindest begrenzt zu halten.

Aus der Welt schaffen können wir die Probleme für die nächsten Jahre ohnehin nicht: Auch bei sofortigem Emissionsstop aller halogenierten Kohlenwasserstoffe wird das antarktische Ozonloch noch größer werden und uns noch hundert Jahre begleiten, denn ein Großteil der bislang emittierten Mengen lagert sozusagen als Zeitbombe noch immer in den unteren Luftschichten. Es wird erst allmählich in die Stratosphäre diffundieren, dort abgebaut werden und die dabei freigesetzten Halogenatome ihr Spiel mit dem Ozon beginnen lassen.

Anmerkung

1 Die Dobson-Einheit ist ein Maß für die Ozonschichtdicke. Würde man alle Ozonmoleküle, die sich in einer vertikalen Luftsäule mit der Schichtdicke 300 Dobson-Einheiten befinden, zum Erdboden herunterholen und dort in einer homogenen Schicht versammeln, dann hätte diese eine Dicke von 3 mm. Analog entsprechen 200 Dobson 2 mm oder 400 Dobson 4 mm Schichtdicke usw.

DAS NEUE STANDARDWERK ZUR DEUTSCHEN LITERATUR

WALTHER KILLY
LITERATUR LEXIKON

Autoren und Werke deutscher Sprache

Bertelsmann Lexikon Verlag

Sie sparen DM 300.– und mehr mit Subskriptionsvorteil!

Walther Killy Literaturlexikon – so urteilt die Presse:

...unterstellen wir, daß auch die folgenden Bände einlösen werden, was der erste verspricht, so werden wir 1992 ein Lexikon der deutschen Literatur in Händen halten, wie wir zuvor noch keines hatten.

Neue Zürcher Zeitung

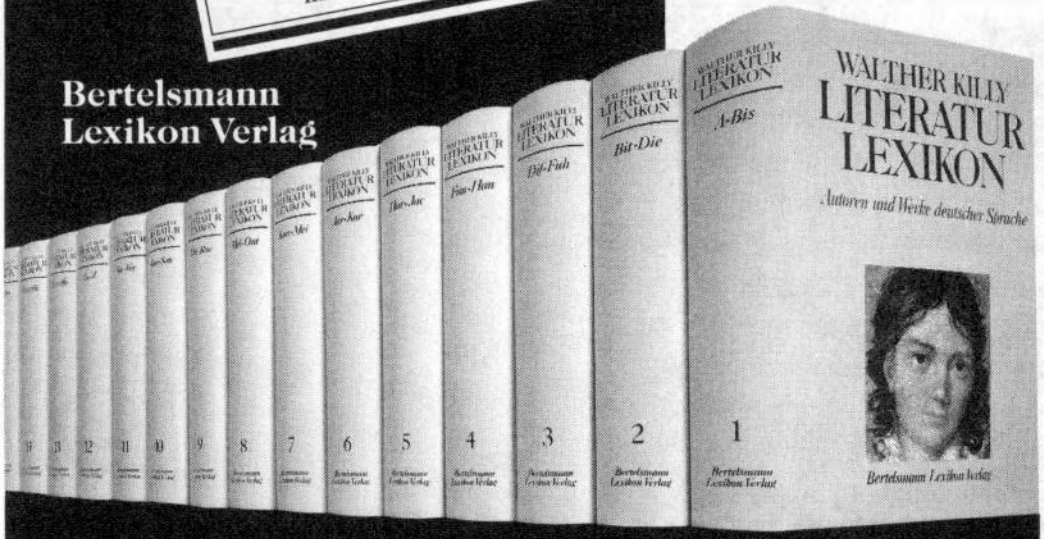
...eine imponierende Reihe gründlicher, zuverlässiger, oft hervorragender Darstellungen. Über Achim von Arnim kann man kaum irgendwo auf so knappem Raum in so glänzend genauer, poetisch und wissenschaftlich hellwacher Weise Aufschluß erhalten wie hier. Ähnliches ist von den Texten zu Walter Benjamin, Thomas Bernhard, Horst Bienek, auch Angelus Silesius und Jakob Bidermann zu sagen.

Frankfurter Allgemeine Zeitung

Walther Killy (Hg.)
Literaturlexikon
Autoren und Werke deutscher Sprache in 15 Bänden,
je 520 Seiten, Format: 17 x 23,7 cm
Band 1–12 A–Z, je 76 farb. Bildseiten, Band 13 u. 14 Sachbegriffe, je 48 farb. Bildseiten, Band 15 Register und Nachträge.

Subskriptionspreis je Band
Ln. mit SU, DM 148,–
Gesamtpreis DM 2.220,–
Halbleder, DM 198,–
Gesamtpreis DM 2.970,–

Bertelsmann Lexikon Verlag



Das Jahrhundertwerk zur deutschen Literatur in 15 Bänden

EDUARDO MENDOZA DIE STADT DER WUNDER

Roman. Aus dem Spanischen von Peter Schwaar. 512 S. Geb. DM 42,-

»... Von einem Buch wurden binnen weniger Monate in Spanien unerhörte 110 000 Exemplare verkauft. Eduardo Mendozas *Stadt der Wunder*, das die Funktion der *Blechtrommel* zu übernehmen scheint.« *Die Zeit*

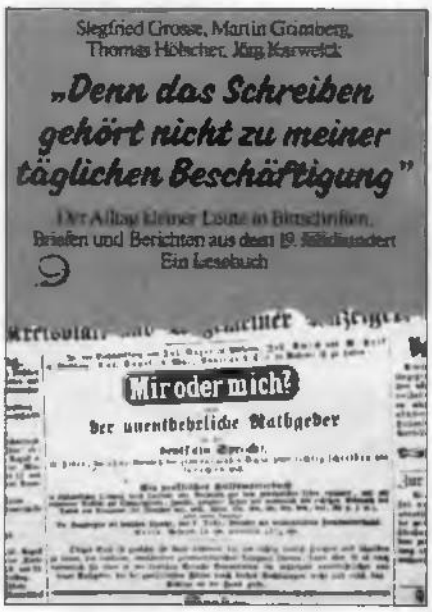
HERMANN BURGER BRENNER

Erster Band: Brunsleben 336 Seiten. Leinen. DM 38,-

»Eine atemberaubende Leistung ... Der Autor hat sich hier eine neue Ästhetik erschrieben, eine Ästhetik des flüchtigen Rauchs. Er greift nicht mehr zu surrealen Konstruktionen, er hält sich an das duftende, durchscheinende Aroma der Zigarre. Eine Welt - meistens eine erinnerte aus der Kindheit - löst sich aus der anderen, hält sich eine Weile und verzieht sich. Eine postmoderne Ästhetik.« *Beatrice von Matt, Neue Zürcher Zeitung*

SUHRKAMP

Etwa 336 Seiten mit zahlr. Abb., brosch. 29,80 DM



192 Seiten mit zahlr. Abb., brosch. 42,- DM

Verlag J.H.W. Dietz Nachf.

Petra Thorbrietz
Waldesluft
Besuch bei einem Forstökologen

Das Haus im Wiener Nobelbezirk Döbling fällt durch seine graue Strenge aus der Reihe der vornehmen Villen und herrschaftlichen Wohnungen heraus. Die Parkzonen vor dem Forstwissenschaftlichen Institut sprechen seiner pflegenden und hegenden Bestimmung Hohn: Je zwei magere Bäumchen wechseln mit einer Autobucht ab – festasphaltiert und bestückt mit vierkantigen Geländewagen. Chromstarrend, Vierradantrieb. Vorbei ist es mit dem Klischee der Heimatfilme, den armen, aber braven Naturburschen, die sich mit dem Wild auf Du und Du durchs Unterholz kämpfen. Wer heutzutage Förster werden will, schlägt sich auf schnurgeraden Forststraßen durch den Wald, mit einem geländegängigen Gefährt, das genauso gut jeder wild-life-Safari standhalten würde – nicht nur dem Lehrforst in Niederösterreich. Die Alternativen, die ihre klapprigen Fahrräder an dem wakkeligen Zaun verkettet haben, sind deutlich in der Minderheit.
Im Inneren des Instituts ist die Zeit stehengeblieben. Wissenschaft ist für die Ewigkeit gemacht. Durch die bunten Treppenhausfenster aus der Zeit der Jahrhundertwende dringt gedämpftes Licht. In der Mitte bietet ein Lift aus der Frühzeit der Aufzugtechnik seine klapprigen Dienste an. Die blaugrauen Kacheln an den Wänden stammen sicher aus dem tschechischen Teil der ehemaligen Donaumonarchie. In den langen Fluren thronen Hirschgeweihe über den hölzernen Schaukästen, die die Schädel der verschiedensten Wildtiere ausstellen. In einem Glasschrank sitzen Greifvögel und verstaubte Eulen mit leicht zerrupftem Gefieder. Anscheinend sind sie trotz der Bemühungen des Präparators von den Motten nicht ganz verschont geblieben. Rechts und links in den schmalen Gängen stapeln sich Proben von Waldböden auf alten Stühlen. Das einzig Moderne sind die Infrarot-Fotos an der Wand – immer neue Aufnahmen von sterbenden Wäldern.
»Eine planmäßige Forstwissenschaft hat erst mit der großflächigen Zerstörung des Waldes begonnen, so um das Jahr 1800. Damals verschlang die Industrialisierung große Mengen an Wasser, Holz und Hitze, damit fing alles an.« Anton Krapfenbauer lehnt sich auf seinem Stuhl zurück und lächelt amüsiert. Der 65jährige Professor für Forstökologie ist ein Provo-

kateur, ein Außenseiter in der Riege der Wald-Gelehrten, die seit gut zehn Jahren versuchen, der Menschheit klarzumachen, daß es nicht nur um ihre sentimentalen Gefühle der Natur gegenüber geht. Der Baum, einer der ältesten Gefährten des Menschen, stirbt.

Für Krapfenbauer ist dieses Schicksal durchaus vergleichbar mit dem der Dinosaurier: »Auch ihr Untergang war eine Mischung aus Klima und Katastrophe. Alle Organismen, die nicht einem schnellen Generationenwechsel unterliegen, können sich solchen dramatischen Veränderungen, wie wir sie derzeit erleben, nicht anpassen und bleiben auf der Strecke.« Ein Baum aber ist im Vergleich zu anderen Lebewesen ein Fossil. Manche Arten brauchen fünfzig oder sechzig Jahre, bis sie Samen produzieren, um sich fortzupflanzen. »Und auch der Mensch« – wieder blitzt ein malizöser Blick hinter der altmodischen Brille hervor – »ist nicht gerade ein geborener Überlebenskünstler.« Um auf der Erde existieren zu können, verbraucht er Unmengen von Energie – für Nahrung, Wohnung, Kleidung und vieles andere. Und gerade dieser Energieverbrauch ist es, der ihn den Kopf kosten wird.

»Was wollen Sie denn noch? Es steht doch schon längst alles da!« Der schmächtige Professor wühlt in den Stößen wissenschaftlicher Papiere, die er auf den langen Tischen des Seminarraums ausgebreitet hat. »Seit 1950 hat sich der Gehalt an Luftschadstoffen auf der Welt *verdoppelt*, ein ungeheuerlicher Vorgang angesichts der Jahrmillionen, die die Erde vor uns schon gesehen hat!«

Alle Welt spricht inzwischen vom Treibhaus-Effekt, von der Klima-Katastrophe und von dem sogenannten Ozon-Loch über dem Südpol. Trotzdem ist für die meisten dabei kaum mehr hängengeblieben als das schlechte Gewissen beim Kauf einer Spraydose oder der Ärger über den verregneten Skiurlaub. Das Schwinden der Ozon-Schicht in der oberen Erdatmosphäre durch Reaktion mit den langlebigen Fluorchlorkohlenwasserstoffen ist aber nur eine Seite des Problems. Die unbarmherzige Logik der natürlichen Kreisläufe bewirkt nämlich, daß das Ozon in der Nähe der Erdoberfläche *zunimmt* – und zwar in ähnlich raschem Tempo, wie die schützende Ozonschicht in 20 Kilometern Höhe verlorengeht und die Erde immer mehr den ungefilterten UV-Strahlen der Sonne preisgibt.

Leider handelt es sich dabei nicht, wie der selbstgefällige Mensch vermeinen mag, um eine Art ausgleichende Gerechtigkeit, etwa nach dem Motto: »Die Natur, die wird's schon richten!« Das dreiwertige Sauerstoffmolekül Ozon ist für alle Organismen, also auch für den Menschen, ausgesprochen giftig. Es beeinträchtigt die Zellfunktionen, behindert bei Pflanzen die Photosynthese und schränkt den gesamten Stoffwechsel ein.

Pikanterweise bildet sich das bodennahe Ozon nicht nur in urbanen Zen-

tren und Industrieregionen, sondern sogar noch in höherem Maße in den ländlichen Erholungsgebieten, in denen der Städter vor dem Smog der Städte Zuflucht sucht. In den Städten mit ihren vielen Emissionsquellen wird das Ozon, das mit anderen Schadstoffen reagiert, ebenso rasch verbraucht wie neu produziert. In den angrenzenden »Reinluft«-Gebieten aber, in Wald und Flur also, bleibt es länger in der Luft und erhält durch die Stickstoff-Gase aus den Böden und nicht zuletzt den landwirtschaftlichen Düngemitteln ständig neue Nahrung. Bei diesem regionalen Verschiebebahnhof von Ozon-Molekülen und anderen Schadstoffen spielen viele Faktoren eine Rolle: die Topographie eines Raumes, Höhen- und Tallagen, Vegetation, Inversionszonen, kurz: das gesamte Spektrum an Glückszahlen, die das tägliche Wetter-Roulette so kompliziert machen.
Ein Jogger im Wienerwald lebt demnach auch nicht gesünder als ein Spaziergänger in der Innenstadt. Im Gegenteil. Amerikanische Wissenschaftler stellten fest, daß Ozon ähnliche Auswirkungen bei den Menschen hat wie das Kampfgas Phosgen. Bei 150 ppb (150 Teile Ozon auf 1 Milliarde Teile Luft) stellt man bei Sportlern bereits deutliche Einschränkungen ihrer Leistung fest. Der MAK-Wert (Maximale Arbeitsplatz-Konzentration) liegt bei 100 ppb. Die Ozon-Meßstelle »Rosalia« im niederösterreichischen Lehrforst registrierte aber 1987 Spitzenwerte von 173 ppb.
»Der Anstieg von Ozon in Bodennähe ist seit 1978 bekannt, aber erst seit 1987 darf man laut darüber reden.« Anton Krapfenbauer gehört zu denen, die lange Zeit ungehört blieben – denn auch das Wissenschaftssystem ist abhängig von den Machtstrukturen dieser Welt. Erst schoben sich Politiker und Wissenschaftler gegenseitig die Schuld am Waldsterben zu. Die einen monierten die fehlenden Daten, die anderen die fehlenden Entscheidungen. Dann dekorierte der Wiener Bürgermeister Helmut Zilk eigenhändig die Bäume am Opernring mit einem »Schleiferl« und erklärte sie zum schützenswerten Kulturgut. Zeitungen und wissenschaftliche Institutionen riefen in trautem Verbund mit der Autoindustrie zum »Großen Waldgewinnspiel« auf. Heute haben viele der adeligen Forstbesitzer ihren Hang zur Metaphysik wiederentdeckt und pendeln in mehrstündigen Ritualen aus, was dem Wald fehlt und wie seine Schwingung wieder harmonisiert werden könnte.
Krapfenbauer dagegen predigte seinen Studenten schon vor zwanzig Jahren die Rolle der Zeit im irdischen Geschehen. »Noch nie zuvor hat sich das Leben auf der Erdoberfläche dermaßen rasch verändert. Die Organismen auf der Erde sind gestreßt. Vor allem die langlebigen wie die Bäume werden diesem Wandel nicht standhalten. Das ist das, was die Leute nicht glauben wollen – daß die Bäume aus unserem Leben verschwinden könnten.«

Der explosionsartige Anstieg der chemischen Stoffe in der Luft hat die selbstregulierenden Mechanismen der Erdatmosphäre ins Ungleichgewicht gebracht und einen ganz anderen, bedrohlichen Kreislauf installiert: das *Recycling der Luftschadstoffe*. Die Negativ-Spirale aus immer mehr Substanzen, die immer schneller miteinander reagieren, führt dazu, daß viele Stoffe nicht mehr vollständig abgebaut werden und damit das Karussell der Zerstörung nur immer noch schneller antreiben. Dabei spielen auch die Zersetzung der Ozonschicht in 20 Kilometern Höhe und das berühmte »Loch« über der Antarktis eine wesentliche Rolle, denn das einstrahlende Sonnenlicht wird nicht mehr ausreichend zur ungefährlicheren langwelligen Strahlung gefiltert und beschleunigt die tödlichen Prozesse.
Es geht also nicht nur um die Frage, ob die Konkurrenzfähigkeit der europäischen Wirtschaft durch einen Produktions- und Export-Stopp von FCKW-Produkten gefährdet wäre oder ob sonnenhungrige Erdenbürger nun eine Creme mit einem stärkeren Lichtschutzfaktor auftragen müssen. Es geht auch nicht primär um das Problem, ob die Klimaveränderungen es ermöglichen werden, daß, wie in prähistorischer Zeit, wieder Nilpferde im Rhein baden werden, was ja für sich betrachtet ganz nett wäre. Es geht um den Prozeß von Leben und Sterben, den notwendigen Kreislauf von Geburt und Tod, der massiv gestört ist. Daß in den USA Leichen bereits kaum mehr verwesen, weil die Körper so viele Konservierungsmittel aus der Nahrung enthalten, ist nur ein makabres Detail. Viel wesentlicher ist, daß der Prozeß der Ozonbildung aus Kohlenwasserstoffen und Stickoxiden *viertausendmal schneller* abläuft als die normale Umsetzung in Kohlendioxid und Sauerstoff, wie sie ohne die Beteiligung von Stickoxiden ablaufen würde.
Lange Zeit unbeachtet blieb dabei das *Methan*, das über verschiedene Umwandlungsprodukte wie Kohlenmonoxid oder Formaldehyd ebenfalls Ozon produziert. Die Methanquellen auf der Erde sind zahlreich: eutrophierte Gewässer, Kläranlagen, Naßreisfelder, Erdgasnutzung, Mülldeponien. »Aus einem Kilogramm Müll entstehen 250 Gramm Methan!« erklärt Krapfenbauer mit Nachdruck. Wie das Beispiel zeigt, steht die Methanproduktion nicht nur in direktem Zusammenhang mit der Zunahme der Erdbevölkerung, sondern vor allem auch mit dem Zivilisationskonsum. Zwischen 1951 und 1981 stieg so auf der nördlichen Seite der Erdhalbkugel der Methangehalt um 45 Prozent. »Das Verschwinden des Menschen von der Erde ist bei Fortdauer der Progression durch die Zerstörung der Grundlagen, die für seine Existenz als Individuum Voraussetzung wären, geradezu vorprogrammiert«, hat Krapfenbauer unter eine der vielen Kurven in seinen Arbeiten geschrieben, die den exponentiellen Anstieg aller möglichen Faktoren zeigt.

»Sie mögen das vielleicht belächeln«, Krapfenbauer rückt wieder die altmodische Brille gerade, »aber ich esse nicht mehr, als ich brauche. Da arbeitet der Kopf auch klarer«, setzt er spöttisch hinzu, um gleich wieder ernst und eindringlich zu werden: »Meine Frau und ich müßten uns seit langem einen neuen Kleiderschrank kaufen. Aber das können wir nicht. Verstehen Sie jetzt, warum? Das wäre ein zusätzlicher und unnötiger Energieverbrauch.« Und dann erzählt er noch, daß er bei der Geburt seines zweiten Enkelkindes fast geweint hat, weil er seine Tochter doch so sehr gebeten hatte, kein zweites Kind mehr in diese Welt zu setzen.

Schweigen im Seminarraum. Draußen schüttelt ein unnatürlich warmer Wind die kahlen Äste der Laubbäume, die diesen Winter keinen Schnee gesehen haben. Der fönartige Sturm erhöht zwar die Zahl der Asthma-Anfälle und der Herz-Kreislauf-Toten, aber er bleibt doch irgendwie im statistischen Jahrhundert-Mittel, wie uns die Meteorologen glaubwürdig versichern. Alles ist relativ. Auch der Untergang der Gattung Mensch auf diesem Planeten wäre erdgeschichtlich gesehen eine eher unbedeutende Episode, ein statistischer Ausreißer in der kosmischen Bilanz.

»Deprimiert?« Der Professor zögert lange mit der Antwort auf die Frage, wie er persönlich mit der Kluft zwischen Erkennen und Handeln zurechtkommt. »Deprimiert bin ich eigentlich nicht. Nein«, und wieder macht er eine vorsichtige Pause, »da ist aber das Einsehen in eine aussichtslose Situation...« Der Nachsatz »Wenn nicht gewaltig entgegengesteuert wird« kommt erst mit Verspätung und klingt nicht sehr überzeugt.

Die Hälfte Energieverbrauch, die Hälfte Konsum, das ist die einfache und doch so fern liegende Lösung. Schließlich ist die Luftverschmutzung im Norden der Erde doppelt so groß wie im Süden, vor allem wegen der Industrialisierung und dem damit verbundenen Luxuskonsum. Über diese Grundvoraussetzung hinaus hat Krapfenbauer auch eine ganze Reihe konkreter Einzelforderungen: Das Holz nicht verheizen, sondern die Wälder aufforsten, damit die Kohlenstoffe gebunden bleiben, sofortiges Tempolimit und Katalysatorzwang in ganz Europa, um den Anteil der schädlichen Stickoxide drastisch zu verringern, Einstellen der Produktion von Treibgasen. Warum passiert nichts von dem?

»Der Politiker ist ein armes Schwein. Aber auch ein Defraudant!« Keine andere Sprache als das Österreichische hat so viele spöttische und nonchalante Umschreibungen für das Wort Betrüger. »Weil er sich das heraussucht, was ihn am wenigsten zum Handeln zwingt. Aber in zehn Jahren – da wird auch ihm die Zunge heraushängen, wie uns allen!«

Der Wissenschaftler als Rufer in der Wüste. Irgendwo verbirgt sich bei dem soignierten Herrn eine Art Religiosität, auch wenn der Forstökologe damit

auf keinen Fall in Verbindung gebracht werden möchte. Anscheinend hat er es schon schwer genug, seine Erkenntnisse auf rationelle Art und Weise an die Menschheit zu bringen. Die Studenten in seinen Vorlesungen, modisch gestylt und vom Weltuntergang wenig berührt, irritiert er trotzdem manchmal mit der Frage, ob sie sich ihres Seelenfriedens eigentlich sicher seien. »Wenn ich an die Reinkarnation glaubte«, grinst er dann spöttisch vom Pult herunter, »wäre ich jedenfalls nicht glücklich, als Bakterium oder als Regenwurm wiedergeboren zu werden.«

Wir zerstören die Natur und sehen nicht, daß wir uns selbst zerstören. Wir trauern um den Verlust und merken nicht, daß wir uns selbst betrauern. Es ist sicher kein Zufall, daß Spielfilme wie die »Gorillas im Nebel« (über das Schicksal der Berggorillas) oder »Der Bär« Millionen in die Kinos locken. Plötzlich schreiben sogar kühle Intellektuelle bewundernde Elaborate über das herzerweichende Kunstmelodram mit den beiden Grizzlies, die jahrelang gedrillt wurden, um wieder »natürliches« Verhalten vor der Kamera zu demonstrieren. Daß dabei das Dekor nicht immer stimmt, daß falsche Bäume an falschen Plätzen stehen, stört niemand mehr – so exotisch ist die Darstellung der freien Wildbahn für uns schon geworden. Und während die Kinobesucher verschämt die Träne aus dem Augenwinkel reiben, wenn der kleine Bär endlich doch ein Zuhause gefunden hat, verlieren seine letzten lebendigen Artgenossen ihre Restnatur. Dabei bräuchten wir uns nur umzusehen: Jeder Frosch, der überfahren wird, verringert die Überlebenschancen für seine Art. Der Hausspatz steht längst auf der Roten Liste, die Saatkrähen sind bedroht, und immer weniger Amseln sitzen auf den immer kahleren Bäumen.

»Jetzt sterben die Bäume nicht nur draußen im entfernten Nadelwald. Die Ozonschäden machen Eichen, Buchen und Kastanien mehr zu schaffen als den Nadelgewächsen. Das werden die Leute auch bald merken«, meint Krapfenbauer mit traurigem Lächeln. Dann stapelt er seine wissenschaftlichen Papiere und trägt sie zurück in sein Arbeitszimmer. Er verabschiedet sich mit leichtem Zweifel im Blick, ob es ihm nun gelungen sei, den Besuchern die ganze Komplexität des Problems darzustellen. »Wie kann man das den Leuten klarmachen? Wenn Sie da einen Weg wissen ...«

Was kann die Wissenschaft in dieser Welt erreichen? Vor zwanzig Jahren noch, erzählt ein Ex-Student, war Krapfenbauer explodiert, weil eine Klausurarbeit mit Hilfe des Hundertjährigen Kalenders gelöst worden war: »Das ist keine Wissenschaft!« Heute schließt der 65jährige seine eigenen Arbeiten mit einem höchst unwissenschaftlichen Koan, einem der rätselhaften Sinnsprüche des Ostens: »Wäre es wirklich schlimm, wenn sie recht hätten? Da sie aber, leider, nicht recht haben, ist es wirklich schlimm!«

IST EINE WEIBLICHE GESCHICHTSSCHREIBUNG MÖGLICH?

Mit einem Vorwort
zur deutschen Ausgabe von
Ute Habermas-Wesselhoeft
244 Seiten. Broschur. DM 34,-

»Das Schicksal eines Geschlechts erhellt sich erst im Verhältnis zu dem des anderen – was, nebenbei gesagt, jede rein männliche Historiographie von vornherein disqualifiziert.« Alain Corbin

Erst eine UNGETEILTE GESCHICHTSSCHREIBUNG könnte mit Recht von sich behaupten, der UNTEILBAREN GESCHICHTE, also der Geschichte aller Menschen, Gerechtigkeit widerfahren zu lassen. Die Historikerinnen und Historiker, die in diesem Band zu Wort kommen, brechen mit dem Vorurteil, daß die übliche Geschichtsschreibung »unvoreingenommen« sei.

S. FISCHER

Backofen

Atmosphäre. Die A. zerlegt sich im Volksglauben in die Elemente Wind, Wasser (Regen) und Feuer (Blitz), alle drei ursprünglich personifiziert in der Gestalt Wodans, der im Gewittersturm einherfahrend seinen Blitzspeer schleudert und mit befruchtendem Regen die Erde tränkt. Als Herrscher über das atmosphärische Feuer steht neben ihm Donar. Verwandt sind dieser göttlichen Personifikation der atmosphärischen Elemente die Wind- und Wetterdämonen sowie die Kobolde.

Diesen Geistern der A. ist gemeinsam eine enge Beziehung zum *Backen* und zum Brot überhaupt, welches man ihnen als Opfer bringt. Es birgt sich hierin ein letzter Rest altgermanischer Naturdeutung; die Beobachtung vom Wachsen und Reifen des Getreides unter den atmosphärischen Einflüssen ließ die Menschen früh dazu kommen, die die A. bevölkernden Wesen dämonischer oder zwergenhafter Art sich durch allerhand Opfer und andere Dienste günstig zu stimmen. Andrerseits werden die Wind- und Wetterdämonen, Elben und Kobolde dann auch als die Spender des Brotes überhaupt aufgefaßt, die selbst das Brot backen. So wird die A. als ein riesiger Backofen gedacht, in dem Riesen ihre Tätigkeit verrichten. Die Menschen sind auf diese Geister, die ihnen das Brot spenden, angewiesen und zu Gegenleistungen mancherlei Art, besonders zu Opfern von Mehl, verpflichtet. (...)

Die germanische Auffassung der backenden Riesen hat unter *christlichem* Einfluß etwa seit dem 11.-12. Jh. eine interessante Umbildung erfahren. Hier ist an Stelle der Riesen Maria, die Mutter Gottes, getreten, die seitdem die Spenderin der Feldfrucht ist. Wenn es schönes Abendrot ist, sagt man in Schwaben »Schau, die Mutter Gottes backt Küchlein«; wogt der Wind im Kornfeld, spricht man in der Reinerzer Gegend (Schlesien): »Die Mutter Gottes scheubt Brot.« (...)

Handwörterbuch des deutschen Aberglaubens, Bd. 1 (1927)

Aus der Luft gegriffen

Gespräch mit dem Klimaforscher Hartmut Grassl

Die Öffentlichkeit möchte sich auf künftige Wetterlagen einstellen, einige Politiker wollen handeln, doch die betroffenen Wissenschaftler halten sich mit detaillierten Auskünften zurück. Wo liegen die theoretischen – oder praktischen – Gründe für eine derartige Selbstbescheidung in der Prognose?

Das größte Problem besteht darin, modellartig den Ozean an die Atmosphäre zu binden. Bei allen Diskussionen der letzten Monate und Jahre ist der Öffentlichkeit nicht recht klar geworden, daß die Aussagen der Klimatologen auf Modellen der allgemeinen Zirkulation in der Atmosphäre plus einem nichtströmenden Ozean beruhen, der nur eine Deckschichttiefe von 50 bis 100 oder 200 Metern hat. Eine nur geringfügige Änderung von Zweigen einer Meeresströmung aufgrund einer veränderten Zusammensetzung der Atmosphäre könnte z. B. massiv die Windsysteme, also die Zugbahn der Tiefdruckgebiete beeinflussen.

Wie reagiert denn die Deckschicht der Ozeane auf eine veränderte Sonnenstrahlung oder eine veränderte Zusammensetzung der Atmosphäre?

Es kommt zu einer Umverteilung der Energieflüsse. Über einige der Auswirkungen ist ja hinreichend berichtet worden, nehmen Sie nur zum Beispiel den El Niño um die Jahreswende 1982/83 ...

El Niño, sollte man hier einfügen, ist eine Erwärmung des Oberflächenwassers vor der Küste von Peru, so genannt, weil das Phänomen meist zum Fest des Christkindes – El Niño – auftritt. Es beruht auf einer veränderten Passatwindströmung im Pazifik und hat zur Folge, daß das übliche Hochquellen von Kaltwasser aus tieferen Schichten behindert wird. Das wiederum bedeutet – nur eine Konsequenz –, daß die Fische kaum noch etwas zu fressen haben.

Der El Niño von 1982/83 hat die Fischerei in den Gebieten vor der südamerikanischen Westküste fast zum Erliegen gebracht. Es war nichts mehr zu fangen. Die Anomalie war gewaltig, wir reden hier nicht über Änderungen der Oberflächentemperatur des Ozeans auf Flächen von der Größe der Bundesrepublik, sondern auf Flächen von 10 Millionen Quadratkilometern und über Temperaturänderungen von 2,3, ja 1982/83 von 4° C ...

An der Oberfläche...

... In der Deckschicht, die vielleicht 100 Meter mächtig ist, herrschen vor der Küste normalerweise 20° C, jetzt waren es 24, aber weiter draußen, wo sonst 23° gemessen wurden, waren es 26 oder 27°. Und im westlichen Pazifik, wo typischerweise Temperaturen zwischen 28 und 29° auftreten, ging es fast auf 30° hoch. Wir finden sogar seit mehreren Jahren im westlichen Pazifik Gebiete mit Ozeanoberflächentemperaturen von über 30° C. Dauerhaft. Das sind Erwärmungen, die nicht nur für die Fischerei, sondern energetisch gesprochen ganz außerordentlich bedeutend sind. Denn steigende Temperaturen ändern natürlich die Bedingungen für die Verdunstung von Wasser.

Was bedeutet das für die Modelle?

Für die Energieflußdichte heißt das zum Beispiel: Wenn ich in einem Modell die tropischen Ozeane um ein Grad erwärme und der Wind genauso bläst wie vorher, dann muß ich mit einer Steigerung der Energieflußdichte um 40 W pro Quadratmeter rechnen.

Zur erhöhten Verdunstung wird also mehr Energie gebraucht?

Man könnte auch sagen: Wenn sich ein so warmer Ozean noch weiter erwärmt, dann muß er sich durch negative Rückkopplung fast wieder auf seine alte Temperatur bequemen. Nun gilt natürlich, daß der tropische Ozean kaum noch wärmer werden kann als 30° C. Diese Marke ist wegen der starken Temperaturabhängigkeit der Dampfdruckkurve von Wasser festgenagelt. Aber denken wir jetzt an die Veränderung von 40 W pro Quadratmeter: Wenn wir davon ausgehen, daß im globalen Mittel in unserem System – also in der Atmosphäre oder am Boden – 236 W Sonnenstrahlung absorbiert werden, dann ist eine Veränderung von 40 W natürlich keine Kleinigkeit mehr. Und betrachten wir jetzt einmal die möglichen Konsequenzen am Außenrand der Atmosphäre: Wenn wir das CO_2 verdoppeln, dann haben wir dort oben pro Quadratmeter eine Veränderung der Strahlungsflußdichte von 2 bis 3 W.

Ist das überall gleich stark?

Das hängt ein wenig vom Breitengrad ab, weil das wiederum den Atmosphärentyp beeinflußt. Aber unten am Boden, in den inneren Tropen, haben wir bei einer Oberflächentemperaturänderung von einem Grad schon 40 W pro Quadratmeter mehr umgeschaufelt. Das zeigt, wie dominant der Wasserkreislauf in solche Zusammenhänge eingreift. Und das zeigt auch, warum wir so wenig über die Spannweite der Temperaturerhöhungen wissen, wenn die Spurengase – wie berechnet – zunehmen. Dann kommt es ja auf den Wasserkreislauf extrem an: Wie reagiert er? Daß er alles dämpft, ist auszuschließen, denn er wird ja mit der Temperatur immer intensiver. Aber

wie intensiv? Bringt er Veränderungen um den Faktor zwei, drei, vier oder fünf? Hier liegen die wesentlichen Schwächen in der Diskussion. Und die werden auch nicht so schnell ausgeräumt werden. Es ist eine Illusion zu glauben, wenn die Wissenschaftler nur mit etwas mehr Geld ausgestattet wären, könnten sie in drei oder vier Jahren das räumlich hochauflösende Ozean-Modell mit dem Atmosphäre-Modell gekoppelt haben und relativ verläßliche Aussagen über die Verlagerung von Meeresströmungen machen.

Bislang wird also die Atmosphäre modelliert und der Ozean festgeschrieben oder der Ozean modelliert und die Atmosphäre festgeschrieben.

Ich kann natürlich auch den Ozean modellieren. Das wird ähnlich gemacht wie in der Atmosphäre: mit Gitter-Modellen. Ich schreibe dem Modell vor, welche Strahlungsflüsse von der Sonne auf diesen Ozean fallen und welchen Energieverlust er im Wärmestrahlungsbereich erleben wird. Dabei fixiere ich die Atmosphäre, rechne also nur mit dem Ozean, und siehe da, wenn es ein gutes Modell ist, läßt sich die Temperaturverteilung im Ozean mit den Tiefenzirkulationen, die ja darin enthalten sind, recht genau beschreiben. Aber gekoppelt habe ich noch gar nichts. In diesem Fall habe ich die Atmosphäre festgeschrieben, und im ersten Fall habe ich die Ozeandeckschicht behandelt und die Tiefenzirkulation des Ozeans ausgespart. Hier liegen gegenwärtig unsere theoretischen Hauptschwächen.

Und die kleineren Schwächen?

Wissenschaftlichen Nachholbedarf haben wir auch noch bei den Wolken. Nicht, weil wir es verschlafen hätten, sondern weil es sich um ein extrem schwieriges Problem handelt, wo, in welcher Höhe und wieweit sich Wolken in einer veränderten Atmosphäre ausdehnen. Die Wolken sind ja, je nachdem, wo sie in der Atmosphäre existieren, Gebilde, die den Treibhauseffekt der Atmosphäre stark erhöhen können, oder aber auch stark dämpfen. Eine Faustregel lautet: Je niedriger die Wolke, das heißt, je näher ihre Oberflächentemperatur der der Oberfläche der Erde kommt, umso mehr dämpft sie den Treibhauseffekt. Aber das Entgegengesetzte gilt auch: Je näher eine Wolke am Minimum der Temperaturen, also bei etwa 10 Kilometern ist, umso wichtiger ist sie für den Treibhauseffekt der Atmosphäre. Anders formuliert: Erhöht man die Zahl der Eiswolken in einer Welt mit erhöhtem Treibhauseffekt, dann wird dieser noch verstärkt. Werden aber dabei die niedrig liegenden Stratuswolken zunehmen, dann dämpfen sie ihn. Und da unsere Modelle diese Vorhersage der Wolken nicht richtig beherrschen, heißt das auch, daß ein Großteil der bisher angegebenen Spanne in der Voraussage der Effekte einer CO_2-Verdoppelung darauf zurückzuführen ist, daß wir noch nicht in der Lage sind, die Wolken mit der richtigen Ausdehnung an die richtige Stelle und in die richtige Höhe zu bringen. Und

da das so schwierig ist, wurden die Wolken in den bisherigen Modellen so extrem simpel gehalten. Man darf's in der Öffentlichkeit fast gar nicht sagen, wie simpel man auf dem Sektor vorgeht.

Geschorene Schäfchenwolken?

In den Modellen gibt es keine Schäfchenwolken. In den Modellen gibt es nur in einem Gitterelement einen bestimmten Bedeckungsgrad. Der ist meist nur davon abhängig, wie hoch die mittlere relative Feuchte ist. Wir wissen aber, daß in Situationen mit konvektiver Bewölkung, das heißt mit den Schönwetterkumuli oder auch Gewitterwolken, die mittlere relative Feuchtigkeit in diesem Gittervolumen oft fast unabhängig vom Bedekkungsgrad ist.

Unklare Wolken also. Was ist denn wirklich genau berechenbar?

Recht genau wissen wir Bescheid über die Strahlungsübertragung in der Atmosphäre bei vorgegebenen Spurengaskonzentrationen. Das ist physikalisch solide und sauber berechnet. Auf diesem Gebiet müssen wir uns allenfalls auf geringe Änderungen gefaßt machen. Natürlich kann da noch jemand genauer recherchieren, und das wird dann das Endergebnis geringfügig nach oben oder nach unten korrigieren. Aber diese Korrekturen erreichen keinesfalls die Größenordnung wie bei der Einbeziehung des Wasserkreislaufs – eine Größenordnung also im Bereich von Faktor 2 . . .

Darf ich das noch einmal festhalten: Bei einer Kopplung von Ozean- und Atmosphärenmodell müßte man sich auf Überraschungen gefaßt machen, die den bisherigen düsteren Szenarien noch einmal doppelt so lange Schatten verleihen könnten?

Ja, man muß auf solche Größenordnungen in beiden Richtungen gefaßt sein, und für bestimmte Regionen der Erde kann dies alles umstülpen. Daher die Angst der Klimatologen, die Modelle betreiben, vor Äußerungen in der Öffentlichkeit, insbesondere, wenn es um Regionalisierung geht . . .

Das heißt, welche Regionen künftig glücklicher und welche weniger glücklich dastehen. Es ist also noch zu früh, über mögliche Klimagewinnler oder Klimaverlierer zu reden?

Die Klimatologen äußern sich über drei Bereiche: Sie sagen, je weiter nach Norden oder Süden man auf der jeweiligen Halbkugel geht, desto massiver werden die Effekte werden, für die Polargebiete bedeutet das konkret massive Erwärmung. Als gesichert gilt darüber hinaus, daß es eine Umverteilung der Niederschläge geben wird in Richtung einer Verschiebung der Hauptniederschlagsgürtel auf der jeweiligen Erdhälfte nach Norden hin oder nach Süden. Man ist sich drittens auch fast einig über einen Trend zum Austrocknen der inneren Kontinente. Aber niemand wird so tollkühn sein, sich darüber auszulassen, ob Italien stärker betroffen sein wird als Grie-

chenland, ob es in der Ukraine wesentlich mehr Niederschläge geben wird oder weniger, denn das ist zu gefährlich – noch. Eine modelltheoretische Kopplung von Ozean und Atmosphäre könnte ja auch erbringen, daß trotz Erwärmung des gesamten Globus der Golfstrom in einem seiner Zweige wegen des insgesamt erschlafften Windsystems nicht mehr so intensiv ist wie bisher. Und daß deswegen nicht mehr so viel Wärme an die jeweils betroffenen Küsten getragen wird, womit dann diese Region in einer Welt, die im Durchschnitt erwärmt wird, vielleicht sogar kühler wird, weil sich die mittleren Zugbahnen der Tiefdruckgebiete, dominiert von der Wasseroberflächentemperatur der Ozeane, leicht verlagert haben. So könnte zum Beispiel England noch häufiger in einen Bereich der Rückseitenströmungen kommen, das heißt, die Tiefs könnten etwas leichter in den Kontinent hineinwandern, und damit würde England sogar in den Bereich eines insgesamt kühleren Klimas rutschen, obwohl der gesamte Globus wärmer geworden ist. Dazu noch ein weiterer Punkt: Wenn Sie mit Modellierern reden, werden Sie keinen finden, der Ihnen sagt, ob Südwestfrankreich überproportional von der künftigen Erwärmung betroffen sein wird oder die Po-Ebene oder das norddeutsche Tiefland. In diese Details wagt überhaupt keiner zu gehen. Das liegt natürlich hauptsächlich an dem gerade erwähnten Fehlen einer Kopplung der Modelle, es liegt aber auch an der Maschenweite der Klimamodelle. Die Klimamodelle haben zur Zeit Maschenweiten von bestenfalls einigen hundert Kilometern. Das heißt, die Bundesrepublik ist, wenn's hoch kommt, in diesen Klimamodellen mit zwei, drei Gitterpunkten enthalten. Und daraus Regionalisierungseffekte abzuleiten, die mehr enthalten als die Behauptung, in Richtung auf die Pole wird's etwas wärmer als in Richtung auf den Äquator, ist schon ziemlich frech.

Mir fällt auf, daß die Aussagen von Ihnen und von Ihren Kollegen immer einen starken Hang zur Apokalypse aufweisen. Könnte denn die mögliche Umgestaltung des Klimas auf der Erde nicht auch positive Aspekte zeitigen? Apfelgärten in der Sahara? Pfirsiche aus der Gobi? Waldspaziergänge in der Kalahara?

Zum Stichwort Apokalypse möchte ich meine Antwort zweiteilen. Erstens: Eine Erhöhung des Gehalts an CO_2 oder Methan, Gasen also, die schon immer, solange der Mensch existiert, in der Atmosphäre der Erde vorhanden waren, bedeutet nichts Neues für den Planeten. Höhere Konzentrationen dieser Gase hat es historisch häufiger gegeben. Wenn Sie aber, und jetzt kommt der zweite Teil, Substanzen in die Atmosphäre bringen, die das Fenster zum All, das sogar noch bei einer Verzehnfachung des CO_2-Gehalts existieren wird, auch noch bei einer Verhundertfachung des CH_4,

wenn Sie dieses Fenster aber durch neue Substanzen zuziehen, die auf Molekülbasis gerechnet 15 000 mal so effektiv sind wie ein CO_2-Molekül, dann können Sie eine Situation schaffen, die der Planet noch nicht erlebt hat. Und bei der Komplexität des Systems würde ich sagen, das ist ein ungeheuer riskantes Unterfangen. Solange wir noch ein Fenster zum All haben, kann es gar nicht so heiß werden, daß nicht genügend abgestrahlt wird. Wenn wir aber keines mehr haben – das ist eigentlich unvorstellbar, weil man nicht weiß, was passiert, wenn noch viel größere Wasserdampfmengen in die Atmosphäre verdampfen und damit die Bewölkung zunimmt. Dann tritt so ein Extremfall ein wie auf der Venus, wo bei Dämmerlicht – der ganze Planet ist von Wolken verhangen – diese winzigen Reste der Sonnenstrahlung, die die Oberfläche noch erreichen, ausreichen, um einen Treibhauseffekt aufrechtzuerhalten, der zu Oberflächentemperaturen von einigen hundert Grad Celsius führt, und wo kein Unterschied zwischen Pol und Äquator mehr existiert. Die Venus hat, was die Wissenschaftler einen run-away-Greenhouse-Effekt nennen. Das wäre auch eine mögliche Zukunft für die Erde, wenn nur die Komposition der Atmosphäre eine bestimmte Form annimmt. Im bisherigen, natürlichen System ist das nie eingetreten, doch in einem manipulierten System ist es nicht auszuschließen. Sie können eine relativ einfache Rechnung machen, wieviel Fluorchlorkohlenwasserstoffe man in welcher Zeiteinheit emittieren müßte, um so etwas zustandezubringen.

Unterstellt, man hängt an dieser Erde, was tun?

Ich rede jetzt erst einmal als Wissenschaftler, und als Wissenschaftler möchte ich zumindest zu denen gehören, die frühzeitig gewarnt haben. Der Mensch glaubt doch gerne an das, was gemessen wurde. Und wir haben ja zwei sehr unterschiedliche Ausgangspositionen für die zwei wesentlichen globalen Effekte, die wir zur Zeit diskutieren: Auf der einen Seite die Verdünnung der Ozonschicht, auf der anderen Seite den zunehmenden Treibhauseffekt der Atmosphäre. Im ersten Fall hatten wir Schätzungen der Wissenschaftler, die mit sehr einfachen Modellen die Verdünnung des Ozons vorhersagten, die aber überhaupt nicht ernst genommen wurden, bis das sogenannte Ozonloch über der Antarktis auftrat. Diese massive Überraschung hat den prognostizierten Daten eine Art sinnliche Plausibilität gegeben. Dann kam hinzu, daß auch über unseren Köpfen die Dicke der Ozonschicht in der Stratosphäre geschwunden ist, und zwar etwa doppelt so schnell wie von den Modellierern vorhergesagt. Diese beiden Fakten reichten dann endlich aus, um die Regierungen wachzurütteln und ihnen klarzumachen, daß Handlungsbedarf besteht. Da nun außerdem die inkriminierten Substanzen ökonomisch nicht lebensnotwendig sind, wurden so-

gar Beschlüsse gefaßt. Ich bin ziemlich sicher, daß diese Abkommen in Zukunft verschärft werden und daß damit etwas in Gang gekommen ist, was nicht mehr zurückgedreht wird. Das heißt: Die Fluorchlorkohlenwasserstoffe werden in absehbarer Zeit nicht mehr im großtechnischen Maßstab hergestellt werden, sondern nur noch als Spurensubstanzen für ganz bestimmte Zwecke verwendet.

Sie haben also keine Angst, als beständig jammernder Prophet des Untergangs dazustehen?

Leicht hat man's nie. Nur ein Beispiel: Natürlich ist es schwer, eine Dürre, wie sie im letzten Jahr in den Vereinigten Staaten auftrat, eindeutig dem erhöhten Treibhauseffekt zuzuordnen. Da müssen wir uns auf Klimamodellrechnungen stützen, mit all den Schwächen, die wir bereits besprochen haben.

Viele Ihrer Zuhörer, stelle ich mir vor, gerade hier in Hamburg, könnten die Vorstellung von Palmen an der Binnenalster ja ganz attraktiv finden.

Es stimmt schon, mit der Aussage, es wird wahrscheinlich in den nächsten fünf Jahrzehnten in der Bundesrepublik zu einer Erwärmung von einigen Graden kommen, rüttelt man kaum jemanden auf. Der Normalbürger sagt, dann wird's endlich warm in unserem Land. Wir dürsten ja sowieso nach höheren Temperaturen, im Winter wie im Sommer.

Die Wissenschaftler müssen also mit einem dickeren Knüppel kommen?

Vielleicht haben die Wissenschaftler nicht deutlich genug gemacht, daß diese mittlere Temperaturerhöhung ja nicht bedeutet, daß die natürliche Variabilität beseitigt wird. Die ist ja immer noch oben drauf vorhanden. Da schaut es natürlich ganz anders aus, wenn wir einem Karlsruher erklären, daß bei einer im Sommer nur um ein Grad erhöhten mittleren Temperatur und unveränderten Niederschlägen (einem möglichen Szenario) die Zahl der sogenannten schwülen Tage drastisch ansteigt und bisher unbekannte Dürren einziehen, und die Bäume, die jetzt schon keinen Kontakt mehr zum Grundwasser haben, in großen Teilen der Oberrheinischen Tiefebene nicht mehr weiter existieren können. All das nur mit einem Grad im Mittel Veränderung und bei keiner Änderung des Niederschlags. Vielleicht schokkiert es ja auch einen Rheinland-Pfälzer, wenn man ihm sagt, daß es in seinem Land Gebiete gibt, zugegeben nur kleine Flecken, die dann versteppen. Doch, um noch einmal auf Ihren Einwurf zurückzukommen: Ich sehe mich oder auch andere meiner Kollegen nicht als Propheten des Unheils, sondern ich möchte eigentlich nur sagen, wir haben euch gewarnt, wenn es so weitergeht wie bisher, dann wird es auch bei uns erhebliche Schwierigkeiten geben.

Wenn wir das Szenario global betrachten, dann geht es aber doch um gewal-

tig mehr als nur um den Verzicht auf Spraydosen, dann geht es um eine globale Veränderung von Wirtschafts- und Lebensgewohnheiten.
Ja, wenn wir jetzt in der Diskussion weitergehen und einmal unterstellen, die Fluorchlorkohlenwasserstoffe seien erfolgreich attackiert – gehen wir einmal davon aus, daß es politisch noch zu weitreichenderen Beschlüssen kommt, als in dem Protokoll von Montreal oder dem Beschluß von London vorgesehen –, wenn wir also annehmen dürfen, daß die Fluorchlorkohlenwasserstoffe in Zukunft für den Treibhauseffekt der Atmosphäre keine wichtige Rolle spielen, dann rückt das CO_2 noch stärker in den Mittelpunkt der Diskussion. Und dort stoßen wir auf die zentrale Schwierigkeit, weltweit den Ausstoß wenigstens auf dem gegenwärtigen Stand zu halten oder ihn gar zu reduzieren. Wir können ja den Entwicklungsländern die Entwicklung nicht verbieten. Außerdem wissen wir selbst, daß es nur wenige entwickelte Länder gibt, die Geld genug in effizientere Energienutzung investieren. Natürlich dürfte es in Ländern wie der BRD, den Niederlanden, in Schweden oder der Schweiz möglich sein, auf so eine Herausforderung zu antworten, indem jedes alte Kohlekraftwerk, dessen Effizienz unter dreißig Prozent liegt, nach einem festen Plan irgendwann stillgelegt wird...
Buschhaus ist da kein sehr ermutigendes Beispiel.
Aber denken Sie einmal an unser Nachbarland, an die DDR, wo im Winter Energieengpässe die Regel sind, und wo man bereit ist, Smog-Lagen zu akzeptieren, um den Strom in die Häuser zu liefern. Und wo Kraftwerke betrieben werden, die in der Effizienz weit unter den unsrigen liegen. Warum, frage ich rhetorisch, wird dort nicht in neuere, bessere Kraftwerke investiert? Natürlich weil kein Geld dafür vorhanden ist, weil man froh ist, wenn das alte System in einem normalen Winter über die Runden kommt. Jetzt gehen wir in ein Entwicklungsland, in dem man bei einem jährlichen Zuwachs von zwei Prozent CO_2 soeben den Lebensstandard halten kann, weil auch die Bevölkerung um zwei Prozent gewachsen ist. Und dieses geschieht mit ineffizienten Systemen – aber wie sollen die ihren CO_2-Ausstoß reduzieren? Trotzdem, auf all den Klimakonferenzen der vergangenen Monate und Jahre, an denen ich teilgenommen habe, ergab sich zumindest der starke Eindruck, daß die Menschen langsam über ihr eigenes Land hinausdenken und eine globale Herausforderung annehmen.
Unterstellen wir einmal, die Resolutionen auf diesen Tagungen erbrächten wirklich politisch Umsetzbares. Über welchen Zeitraum reden wir?
Auf der ersten Zusammenkunft des Intergovernmental Panel of Climate Change letztes Jahr in Genf wurde verabredet, daß bis zur zweiten Weltklimakonferenz im Jahre 1990 drei Dinge abgeschlossen sein sollten: Erstens

eine von allen beteiligten Ländern getragene Bewertung der wissenschaftlichen Befunde; zweitens eine von allen Ländern getragene Darstellung der Wirkung von Klimaänderungen auf Ökosysteme und die soziologischen Randbedingungen in bestimmten Regionen der Erde; und drittens eine Auswahl von Strategien, dagegen vorzugehen. Das gemeinsame Ziel liegt darin, im internationalen Konzert den zusätzlichen Treibhauseffekt der Erdatmosphäre so klein wie möglich zu halten. Es ist allerdings nicht diskutiert worden, mit welchem Energiemix das zustandezubringen ist. Es ist nur festgehalten worden, diese drei Punkte müssen weltweit abgesegnet und von allen teilnehmenden Ländern an die Öffentlichkeit gegeben werden, damit hinterher keiner sagen kann, das war die Kernenergie-Lobby, oder dort haben die Kohlefanatiker gesprochen. Und bis zum Jahre 1990 müssen diese Bewertungen vorhanden sein. Wobei natürlich klar ist, daß alle Regierungen aufgefordert sind, schon vorher in unilateralen oder bilateralen Abstimmungen in die von uns gewünschte Richtung zu marschieren.

Einmal angenommen, es kommt in den nächsten zwei Jahren nicht zu einer entscheidenden Abbremsung dessen, was bis zum Augenblick geschieht, wie lange wird es denn dauern, bis der ganze Prozeß irreversibel geworden ist?

Irreversibel ist er bereits jetzt. Bloß, würde man die Entwicklung heute anhalten, dann läge der annähernde Gleichgewichtszustand bezüglich Temperaturen und Niederschlagsumverteilung in einem Bereich, der Analogszenarien auf der Erde wiederfinden läßt, die nicht allzu weit von der Jetzt-Zeit entfernt sind. Anders formuliert: Nimmt die Temperatur gegenüber heute im globalen Mittel um ein Grad zu – also statt des Anstiegs von 0,7° seit etwa hundert Jahren noch einmal ein Grad obendrauf –, dann bewegen wir uns immer noch in einem mehr oder weniger bekannten Vergleichsszenario, nämlich der vorletzten Warmzeit vor 125 000 Jahren. Wir wissen, daß damals das Inlandeis von Grönland überlebte, wir wissen aber auch, daß damals das westantarktische Eisschild zerbrach. Da es aber illusorisch ist, davon auszugehen, daß es morgen zum Stop kommt, sind ja weitaus höhere Temperaturanstiege vorprogrammiert. Und wenn ich sage, weitaus höhere, dann meine ich eben 1,5 bis 4,5 Prozent schon bei einer Verdoppelung des CO_2. Wenn wir dann nach Analogieszenarien suchen, müssen wir zurück in eine Zeit, als die Erde zwar eine vereiste Antarktis hatte, aber mit Ausnahme der Gebirgsgletscher kein Eis in der nördlichen Hemisphäre. Diese Zeit liegt etwa einige Millionen Jahre zurück.

Das heißt, keine sehr glücklichen Aussichten für die organisierten Formen von Leben?

Doch, schon glückliche Aussichten für eine Existenz von Leben weiterhin,

aber keine glücklichen Aussichten für den Menschen. Denn unsere Bevölkerung hat ja eine Dichte erreicht, die es dem einzelnen kaum noch erlaubt, dahin zu gehen, wo die Bedingungen günstig sind. Vor ein paar tausend Jahren konnten einzelne Stämme oder Völker in Regionen ausweichen, die ein günstigeres Klima anboten. Aber wo sollen wir denn jetzt hin? In so dicht besiedelten Gebieten wie in der Bundesrepublik. Oder nehmen Sie Indonesien. Wo sollen die Indonesier hin? Sie sind das gefährdetste Land überhaupt, weil sie mit 40 000 Kilometer Küstenlinie von jedem Zentimeter, den der Meeresspiegel ansteigt, direkt betroffen sind. Wo sollen die Leute hin, wenn ihnen der nächste Taifun die Marschniederungen überschwemmt? Nach Auskunft einiger Experten wird es Millionen von Ökoflüchtlingen geben, das werden nicht die ganz Armen sein, sondern die relativ Reichen dieser Länder, die dann bei uns vor der Tür stehen. Und dieses Problem können Sie von Indonesien in die Karibik verlagern, das können Sie aber auch von Malaysia so sagen, von Bangladesh auf jeden Fall, von Teilen Indiens und vom Sudan.

Vielen Dank für diese Vorhersage.

Die Fragen stellte Tilman Spengler

Die Natur der Luft

Die Luft sondert in ihrem Normalzustand dauernd Pfeffer ab, der die Erde zum Niesen bringt. Auf der Höhe des Erdbodens verdichtet sich der Pfeffer im Sommer zur Lappalie, im Winter zur Tageszeitung. Es genügt dann, letztere ins Freie zu legen, damit sie sich, je nach Seitenzahl, entweder in einen Bahnhof oder in einen Schwamm verwandelt. In einer Luftschicht von zweitausend Metern Höhe verdichtet sich der Pfeffer wie gehabt und fällt als so unmerklicher Staub zur Erde nieder, daß ihn überhaupt keiner wahrnimmt. Aber eines schönen Tages kommt das Testament ans Licht, dessen Nutzlosigkeit so handgreiflich ist, daß die Vorübergehenden es ohne böse Absicht mit den Füßen zertreten. Weiter oben ernährt der Pfeffer die Sterne, denen er ihren Glanz verleiht.

Blau gefärbt, fabriziert Luft bei trockenem Wetter Waldesdickicht und bei Regenwetter Ata-Scheuersand. Aber dann ist sie Menschen, die sie in hohen Dosen aufnehmen, schädlich. Denn sie ruft Magengeschwüre und Furunkel hervor und greift Zahnschmelz an. Gelb gefärbt, dient Luft zur Bereitung von Pelzwerk und heilt, mit Maikäferpulver vermischt, Wundstarrkrampf. Gezuckert verwendet man sie zur Ausbesserung von Luftschläuchen, gesalzen wird sie Bett. Hat man Luft erst einmal mit den Händen erwärmt, kann sie sich bis zur Peitschenmetamorphose ausdehnen. Hat man sie zerfasert und mit Rotwein begossen, geht sie daraus als Kapellmeister, der den Bauern zur Erntezeit von Nutzen ist, hervor. Hat man Luft an der Sonne getrocknet und einen ganzen Winter lang an trockenem Orte aufbewahrt, wird sie im Frühling Verlobungsring, den seine ungewöhnliche Anfälligkeit gegen Temperaturschwankungen gefährdet und der selten das Mannesalter erreicht.

Schließt man Luft in einen Wandschrank ein, entwickelt sie die Neigung, daraus zu entweichen. Wenn ihr das gelingt, haucht sie an der Tür in Gestalt eines Pilzes, wie er heute ganz allgemein in der Runzelbekämpfung angewendet wird, das Leben aus.

Weicht man sie in Weinessig ein, wird Luft zum Gepäckträger, der bei windigem Wetter nach Art von Käse in fortgeschrittenem Stadium zu laufen beginnt. Man fängt dann den weichgewordenen Gepäckträger auf, trocknet und pulverisiert ihn mit Sorgfalt und sät ihn anschließend an einem sonnengeschützten Ort aus. Einen Monat später keimt der Mond, durchbricht die Erde und fängt an zu blühen, denn der Mond ist kein Gestirn, wie immer fälschlich behauptet wird, sondern der Pollen unzähliger weiblicher weicher Gepäckträgerblüten. Jeden Abend steigt er von der Erde auf, während die männlichen Blüten auf den Boden zurückfallen, wo ihr Same erneut keimt. Jeden Morgen ergießt er sich zusammenbrechend ins Meer, wo sein Aufprall auf die Wellen die Flut und seine Auflösung im Wasser dessen Salzgeschmack verursacht.

Benjamin Péret: Naturgeschichte (1958); © 1984 Verlag Klaus G. Renner; Üb. Gisela Steinwachs

Luchterhand Literaturverlag

Christoph Hein
Der Tangospieler

Roman. 224 Seiten.
Gebunden. ca. DM 29,80

»Die Geschichte eines jungen Mannes und Dilettanten der Musik, der für das öffentliche Spielen eines alten traurigen Tangos zu einer Gefängnisstrafe von 21 Monaten verurteilt wird und anschließend versucht, Klaviaturen aus dem Weg zu gehen und mit seinem Leben zurechtzukommen. Der Ort der Handlung ist Leipzig, die Geschichte spielt im Jahr 1968 und wird wahrheitsgemäß aufgezeichnet.« Christoph Hein

Jürgen Lemke
Ganz normal anders

Auskünfte schwuler Männer aus der DDR. Mit einer Vorbemerkung von Irene Runge.
272 Seiten. Gebunden. ca. DM 29,80

Die Tonbandprotokolle, die Jürgen Lemke in diesem Buch vorlegt, hat er im Laufe von zehn Jahren aufgenommen. Es kam ihm darauf an herauszufinden, welche Möglichkeiten schwule Männer in der DDR haben und nutzen, wie sie sich und ihre eigene Geschichte in den Alltag dort einordnen, wie sie die anderen »Normalen« erleben.

Jurij Trifonow
Das umgestürzte Haus

Sieben Reisen. Aus dem Russischen von Sylvia List.
112 Seiten. Gebunden. ca. DM 22,–

Den erzählerischen Hintergrund bilden Reisen des sowjetischen Autors ins westliche Ausland. Die fremde Gegenwart von Rom, Paris, New York oder Las Vegas ist Trifonow Anlaß der Erinnerung. »Irgendwie, glaube ich, hat alles mit allem zu tun. Alles Lebende ist miteinander verbunden . . . Immer, wenn ich weit weg reise, sehe ich mein Haus, umgestürzt . . .« Das Haus seiner Familie, die in Stalins Terror umkam, das Haus seiner Kindheit.

Waltraud Anna Mitgutsch
Ausgrenzung

Roman. 288 Seiten. Gebunden. DM 32,–

Jakob ist nicht krank, er ist anders als andere Kinder. Mit dem Versuch der Ärzte, Pädagogen und Therapeuten den »Fall« durch eine zweifelhafte Diagnose (Autismus) in ein System zu zwingen und die Mutter schuldig zu sprechen, beginnt die Isolierung zweier Menschen.

Hadassa K. Moscovici
Vor Freude tanzen, vor Jammer halb in Stücke gehn

Pionierinnen der Körpertherapie.
ca. 220 Seiten. Mit Abbildungen.
Gebunden. ca. DM 28,–

Aus Einzelporträts der Pionierinnen und Wegbereiterinnen entsteht eine Geschichte der Körpertherapie von ihren Anfängen bis in die Gegenwart.

216 Seiten. Broschur. DM 28,–

»Nur des unbeschränkt verbreitbaren Buches bedurfte es noch, um ihn als einen Dichter ersten Ranges sichtbar zu machen.« Ernst Jandl

Heinz Bingemer
Spurensuche

Wenige Millimeter Aluminiumblech zwischen uns und einer Atmosphäre von minus 50 °C und 950 km/h Wind von vorn. Es ist Nacht. Ich bin mit Kollegen auf dem Weg von Paris über Ndjamena nach Brazzaville. Unsere französisch-kongolesisch-deutsche Expedition soll den Austausch von Spurengasen zwischen dem äquatorialen Regenwald und der Atmosphäre, die Bildung von Ozon und von Aerosolen in der Atmosphäre untersuchen. Noch etwa eine Stunde bis Ndjamena, wir sind über Sahel oder der südlichen Sahara. Unter uns vereinzelte Savannenfeuer. In der Vertikalen trennen uns nur 10 km von den Zeitgenossen unter uns am Boden, in Lebenschancen und Energiekonsum einige hundert Jahre. Der Nutzen unserer Arbeit in Afrika wird für sie gering sein.

Exotische Ökosysteme wie die tropischen Regenwälder, Savannen, Polarregionen und Tundrengebiete wirken derzeit anziehend auf Forschungsgruppen der Ersten Welt. Was sie anzieht, ist weniger die Sorge um das Wohlergehen der Bewohner dieser Regionen als vielmehr die aufkommende Beunruhigung über die globale Natur der von der Ersten Welt ausgehenden Probleme und ihre ungewissen Folgen. Das Interesse der Forschungsgruppen gilt den Auswirkungen unserer technisch-industriellen Lebensweise auf die Zusammensetzung der Erdatmosphäre; man will den Stoffkreisläufen zwischen Biosphäre und Atmosphäre an natürlichen Ökosystemen nachspüren. Im Kongo suchen wir die Spuren, die natürliche und vom Menschen beeinflußte Pflanzengesellschaften in der Atmosphäre hinterlassen.
Der Umfang, in dem der Mensch die Oberfläche des Planeten verändert hat, wird jedem deutlich, der während eines Fluges aus dem Fenster sieht; in den von Industriegesellschaften kontrollierten gemäßigten Breiten sind überall durch den Menschen geschaffene Strukturen wie Straßen, Kanäle, Siedlungen, landwirtschaftliche Flächen zu erkennen; ungenutzter Natur werden hier abgegrenzte Reservate zugewiesen. Über den tropischen Wäldern können die Spuren des dort für die Ausdehnung menschlicher Aktivität wichtigsten Werkzeuges, des Feuers, als Rauchfahnen in der Atmosphäre beob-

achtet werden. Im Kongo wollen wir auch diese Spuren genauer untersuchen.

Der Befund ist von einer in den Umweltwissenschaften seltenen Gewißheit: in der Erdatmosphäre steigt die Konzentration der Gase Kohlendioxid (CO_2), Methan (CH_4), Lachgas (N_2O) und von Chlorfluormethanen seit Beginn des industriellen Zeitalters an. Messungen von Luftproben an zahlreichen über die Oberfläche des Planeten verteilten Orten während der letzten Jahre und Jahrzehnte und Analysen historischer Luftproben des vorindustriellen Zeitalters, die aus Gaseinschlüssen im Gletschereis gewonnen wurden, dokumentieren es. Die Daten zeigen Anstiege dieser Spurengase seit vorindustrieller Zeit von ca. 25 Prozent für Kohlendioxid (von 280 ppm etwa um das Jahr 1800 auf 348 ppm im Jahre 1987), von 240 Prozent für Methan (von 0.7 ppm etwa um das Jahr 1700 auf 1.67 ppm im Jahr 1988) und von derzeit 0.7 ppb/Jahr für Lachgas.[1] Chlorfluormethane sind eine Errungenschaft der Moderne und daher in historischen Proben nicht vorhanden. Die prozentualen jährlichen Anstiege betrugen in den letzten 10 Jahren 0.4 Prozent für Kohlendioxid, 1 Prozent für Methan, ca. 0.25 Prozent für Lachgas und 5 Prozent für Chlorfluormethane.[2] Zeitgenossen, die gewohnt sind, ihre Bedrohungspotentiale in Megatonnen serviert zu bekommen, sollten sich angesichts von ppm und ppb dennoch nicht allzu sicher fühlen. Es besteht Anlaß zu der Vermutung, daß die ppm-Risiken in absehbarer Zukunft die Megatonnen-Risiken in der Reihenfolge der Bedrohungen überholen oder in Koalition mit ihnen den letzteren zu einem längeren Leben verhelfen, als dies gegenwärtige politische Entwicklungen hoffen lassen.

Einer der Gründe für die Besorgnis über den beobachteten Konzentrationsanstieg dieser Gase in der Erdatmosphäre ist eine Eigenschaft, die sie mit anderen Bestandteilen der Atmosphäre wie Wasserdampf und Ozon sowie mit den anthropogenen Chlorfluormethanen teilen: Aufgrund ihres aus mehreren Atomen bestehenden Molekülbaus besitzen sie die Fähigkeit, Wärmestrahlung, die von der Erdoberfläche ausgesandt wird, teilweise aufzunehmen, in Bewegungsenergie ihrer Moleküle umzuwandeln und Teile davon wieder als Wärmestrahlung zur Erdoberfläche zurückzusenden. Die Temperatur der Erdoberfläche, die sich als Gleichgewicht zwischen der in das System Erdoberfläche/Atmosphäre einfallenden Sonnenstrahlung und der durch aktive Treibhausgase modifizierten Wäremausstrahlung der Erde einstellt, ist im globalen Mittel 30°C höher, als sie es ohne jegliche Treibhausgase wäre. Der beobachtete Anstieg dieser Treibhausgase seit der Industrialisierung gibt somit Anlaß zu der zunächst naiven, gleichwohl begründeten Erwartung eines Anstiegs der Temperatur der Erdoberfläche und der bodennahen Atmosphäre. Die Beunruhigung gründet sich auch auf den

Befund, daß die gegenwärtigen Konzentrationen von Kohlendioxid und Methan höher liegen, als sie jemals in historischen Proben der jüngeren Erdgeschichte gefunden wurden, also den Bereich ihrer natürlichen, mit Klimaschwankungen einhergehenden Variabilität verlassen haben. Wir betreten als Teilnehmer eines globalen geophysikalischen Experiments echtes Neuland. Aufwendige Rechenmodelle der Physik der Atmosphäre und der Ozeane sagen eine generelle Erwärmung der bodennahen Atmosphäre vorher, die sich vor allem in mittleren und hohen Breiten manifestiert.[3] Neben veränderten Temperaturverteilungen an der Erdoberfläche sind für die Biosphäre besonders die zu erwartenden Veränderungen der regionalen Verteilung der Niederschläge über den Kontinenten wichtig, da sie Pflanzenwachstum und Aktivität von Boden-Mikroorganismen beeinflussen. Ihre Prognosen sind derzeit noch wenig genau.

Dem unumstrittenen Befund des Konzentrationsanstiegs der Treibhausgase in der Atmosphäre stehen teilweise noch unsichere Diagnosen seiner Ursachen und Prognosen seiner Auswirkungen gegenüber. Chlorfluormethane werden ausschließlich industriell hergestellt. Ihre Rolle als dominantes Ingrediens der in der Stratosphäre beobachteten Ozonzerstörung ist erwiesen. Beschränkungen der Produktion von Chlorfluormethanen sind trotz erbitterter Rückzugsgefechte der chemischen Industrie abzusehen. Der Anstieg des CO_2 in der Atmosphäre resultiert aus der Verbrennung fossiler Brennstoffe und aus Landnutzungsänderungen. Methan und Lachgas entstammen, wie auch CO_2, teilweise biologischen, aber durch den Menschen z. B. über landwirtschaftliche Praktiken wie Reisanbau, Düngung und Brandrodung beeinflußten Prozessen. Dies kompliziert die Suche nach den Gründen ihres Anstieges in der Atmosphäre wesentlich.

Unser Experimentierfeld ist nicht auf physikalische Prozesse und ihr mögliches Erscheinungsbild in Form meteorologischer und klimatischer Phänomene beschränkt. Höhere Konzentrationen dieser atmosphärischen Spurenstoffe können auch in chemische Reaktionsabläufe und Gleichgewichte in der Atmosphäre eingreifen. Klimaänderungen und veränderte CO_2-Konzentrationen beeinflussen Qualität und Quantität der Stoffwechselvorgänge zwischen terrestrischer und mariner Biosphäre und Atmosphäre und wirken dadurch potentiell auf die Atmosphäre zurück.[4] Dementsprechend vereinigt das Arsenal der Wissenschaften, das diesen Fragestellungen gegenübertritt, die Aktivitäten so verschiedener Arbeitsgebiete wie Geologie und Geochemie, Biologie, Mikrobiologie, Bodenkunde, Physik und Chemie der Atmosphäre und des Ozeans. Eine fächerübergreifende Disziplin nennt sich in Anerkennung des Einflusses biologischer Prozesse Biogeochemie.

Um die Wirkungsweise des Ökosystems Erde besser verstehen zu können,

bedient man sich des Konzepts von Kreisläufen chemischer Elemente durch belebte und unbelebte Natur. Kohlenstoff, Stickstoff und Schwefel finden wegen ihrer Bedeutung beim Aufbau von pflanzlichem und tierischem Gewebe und der Klimarelevanz ihrer in der Atmosphäre vorkommenden Verbindungen besonderes Interesse, es werden jedoch Kreisläufe einer Vielzahl weiterer Elemente untersucht. Die Geosphäre wird strukturiert in unterscheidbare Reservoire wie Ozeane, Atmosphäre, Gesteine, Böden, marine und terrestrische Biota. Studiert werden das Vorkommen eines Elementes in Gestalt seiner verschiedenen chemischen Verbindungen in den unterschiedlichen Reservoiren, seine chemischen Reaktionen in den Reservoiren und sein Transport durch die Ränder eines Reservoirs in ein anderes.
Für das Element Kohlenstoff z. B. bedeutet das die Untersuchung seines Vorkommens in der Atmosphäre in Form von Kohlendioxid, Kohlenmonoxid, Methan und anderen Gasen; in der Biosphäre im Gewebe lebender und abgestorbener mariner und terrestrischer Pflanzen und Tiere, ihren Ausscheidungen und Zersetzungsprodukten, in gefallenem Laub, Humus, Böden und im Torf; in der Lithosphäre in Sedimenten und Gesteinen der kontinentalen und ozeanischen Erdkrusten.[3] Die Mechanismen, bei denen Kohlenstoff zwischen diesen verschiedenen Reservoiren transportiert wird, sind biotischer und abiotischer Natur. Es handelt sich um so verschiedene Prozesse wie die Aufnahme von Kohlendioxid aus Ozean und Atmosphäre durch Pflanzen bei der Photosynthese, Transporte durch die Nahrungsketten, Abgabe von Kohlendioxid aus der Biosphäre an die Atmosphäre bei Atmung und bakterieller Zersetzung von Gewebe, Einbau abgestorbener Pflanzenreste in Humus und Böden, Emission von Kohlendioxid in die Atmosphäre durch Verbrennung fossiler Brennstoffe und Holz und durch die mikrobielle Zersetzung der organischen Bestandteile abgerodeter Waldböden, Transporte von Gasen durch die Grenzfläche zwischen Ozean und Atmosphäre in beiden Richtungen, Transporte gelöster sowie partikelgebundener Kohlenstoffverbindungen in die Tiefsee und die Sedimente des Meeres, Austausch von organischem und anorganischem Material zwischen Sedimenten, Erdkruste und Erdmantel. Diese verschiedenen Prozesse greifen wie Zahnräder eines Uhrwerks ineinander: Kleine, schnelle Rädchen, wie die im Verlauf von Jahreszeiten stattfindende Neubildung und das Absterben von pflanzlichem Material, greifen in größere und langsamere, wie die über Jahrhunderte währende Bildung von Böden durch Verwitterung und Abbau von Pflanzenresten, große Zahnräder transportieren langsam über erdgeschichtliche Zeiträume Material zwischen Sedimenten, Erdmantel, Kruste und anderen Reservoiren. Charakteristisches Zeitmaß für den Transport eines Stoffes durch ein Reservoir ist seine Verweilzeit, das

Verhältnis aus seiner Menge in dem Reservoir, z. B. der Atmosphäre, zu seinem Zufluß in das Reservoir, welcher bei stabilen Verhältnissen seinem Abfluß gleich ist. Ein Ansteigen seiner Menge und Konzentration in einem Reservoir, wie gegenwärtig für verschiedene Treibhausgase in der Atmosphäre gemessen, zeigt ein Übergewicht der Zuflüsse an.
Im Falle des seit langem beobachteten Kohlendioxids ist die Diagnose klar: Die durch Verbrennung fossiler Brennstoffe und Holz und durch die mikrobielle Zerstörung gerodeter Waldböden in die Atmosphäre emittierten Kohlendioxidmengen übersteigen den Abtransport von Kohlendioxid aus der Atmosphäre durch das Oberflächenwasser und Tiefseewasser der Ozeane in die Sedimente. Auch bei den in der Atmosphäre ansteigenden Spurengasen Methan und Lachgas übersteigen die Zuflüsse in die Atmosphäre (Quellen) die Abflüsse (Senken), die nahezu ausschließlich aus chemischen Reaktionen in der Atmosphäre bestehen und relativ genau bekannt sind. Ihre Quellen für die Atmosphäre sind quantitativ weit weniger gut bekannt, da sie teilweise in Form biologischer, teils auch durch den Menschen, z. B. über landwirtschaftliche Praktiken, beeinflußter Prozesse diffus über die Erdoberfläche verteilt sind. Das auch unter der Bezeichnung Sumpfgas bekannte Methan wird in der Natur bei der bakteriellen Zersetzung von organischem Material unter Abwesenheit von Sauerstoff gebildet, z. B. in Feuchtgebieten und Sümpfen, Tundrenböden, Verdauungsorganen von Wiederkäuern und Termiten. Die anthropogenen Quellen, deren Anwachsen während der vergangenen Jahrzehnte für den globalen Anstieg des atmosphärischen Methans verantwortlich gemacht werden, sind die Methanproduktion und -abgabe aus gefluteten Reisfeldern, durch Wiederkäuer, die als Fleischproduzenten und landwirtschaftliche Nutztiere gehalten werden, durch Entweichen von Biogas, das bei der Zersetzung von organischen Abfällen in Mülldeponien entsteht. Eine weitere Quelle sind Vegetationsbrände und Leckagen von fossilem Methan beim Kohleabbau sowie bei Förderung und Transport von Erdgas. Die globale Inventur dieser natürlichen und anthropogenen Methanquellen und ihre Gegenüberstellung mit den Methanverlusten der Atmosphäre ergibt in etwa eine Übereinstimmung, jedoch mit einer Ungenauigkeit von ca. 50 Prozent.
Deutlich geringer ist der Kenntnisstand bei den Quellen von Lachgas für die Atmosphäre: seine Quellstärken sind noch weniger bekannt als im Falle des Methan, wichtige Bildungsprozesse möglicherweise noch gar nicht bekannt. Lachgas wird in Böden von Bakterien aus den Stickstoff-Verbindungen Nitrat und Ammonium gebildet und gelangt in die Atmosphäre. Weitere Quellen sind die Abgabe von N_2O mikrobiellen Ursprungs aus dem Ozean an die Atmosphäre und seine Entstehung beim Verbrennen fossiler

Brennstoffe sowie bei Savannen- und Waldbränden. Die Intensität, mit der Lachgas durch Böden freigesetzt wird, wird beeinflußt durch Faktoren wie Mikroorganismenpopulationen und Vorkommen von Nitrat und Ammonium im Boden, Bodenfeuchtigkeit und Temperatur. Düngung des Bodens erhöht die N_2O-Produktion. Entsprechend der Komplexität der beteiligten Prozesse und der Heterogenität wichtiger Faktoren sind die Quellen an der Erdoberfläche in Raum und Zeit außerordentlich variabel und in völlig unbefriedigender Weise erfaßt. Die Verbrennung fossiler Brennstoffe galt als die bedeutendste anthropogene N_2O-Quelle für die Atmosphäre, bis vor kurzem bemerkt wurde, daß die zu diesem Schluß führenden Messungen völlig falsch waren. Gegenwärtig ist die Frage nach der Ursache des in der Atmosphäre ansteigenden N_2O vollständig offen. Als eine mögliche Ursache wird die in den Tropen durch Abholzung und Brandrodung stattfindende kurzfristige Umwandlung von Wald in landwirtschaftliche Nutzfläche diskutiert.

Werden schon unsere an den gegenwärtigen Veränderungen der Erdatmosphäre erprobten diagnostischen Fähigkeiten als sehr unvollständig empfunden, so sind unsere Möglichkeiten zu prognostischen Aussagen naturgemäß nicht besser entwickelt. Das betrifft das Ausmaß und Erscheinungsbild möglicher Veränderungen des Klimas und die Art und Weise, in der sich durch veränderte Klimabedingungen und Spurenstoff-Zusammensetzungen der Atmosphäre über die Wechselwirkungen, die Biosphäre und Atmosphäre durch ihre Stoffwechselvorgänge verbinden, neue Gleichgewichte in Biosphäre und Atmosphäre einstellen könnten. Der Erwartung, daß sich die Dinge »schon irgendwie einpendeln werden«, kann als Randbedingung die unerfreuliche Einsicht zur Seite stehen, daß wir für die Stabilität der Biosphäre entbehrlich sind.

Bis dahin ergeben sich aus dem langen Katalog der offenen Fragen sinnvolle Beschäftigungsmöglichkeiten für Generationen von Forschern: Wie könnte eine mögliche Verschiebung der Klimazonen aussehen? Wie wird sich die Verteilung der Niederschläge verändern? Wie werden die für die subarktischen Tundrengebiete der Erde erwarteten höheren Temperaturen die mikrobielle Produktion von Treibhausgasen in ihren Böden verstärken? Werden dort höhere Niederschläge die Fläche der Feuchtgebiete und die Methanproduktion ausweiten, oder werden weniger Niederschläge die Böden austrocknen und besser durchlüften lassen, so daß weniger Methan und mehr CO_2 produziert wird? Werden die Pflanzen, durch mehr CO_2 in der Luft gedüngt, weltweit besser wachsen, oder wird häufig der Mangel anderer Nährstoffe im Boden ihr Wachstum begrenzen? Wird bei verstärktem Pflanzenwachstum dem Boden und seinen Bakterien Stickstoff entzogen

und dadurch weniger N_2O produziert? Werden CO_2-gedüngte Pflanzen durch veränderte Verhältnisse von Kohlenstoff zu Stickstoff in ihren Blättern, im fallenden Laub und im Humus die Artenzusammensetzung der Bodenorganismen und ihre Spurengasproduktion verändern? Wie beeinflussen Brandrodung und Umwandlung in landwirtschaftliche Flächen die Spurengasproduktion tropischer Böden? Welchen Einfluß haben die weltweite Düngung landwirtschaftlicher Flächen und die chronischen Belastungen vieler Böden durch saure Niederschläge?

Am Zielort im nördlichen Kongo angekommen, installieren wir, entsprechend motiviert, unser Feldlabor und beginnen mit den französischen und afrikanischen Kollegen die geplanten Messungen von organischen Säuren, Schwefelverbindungen, Ozon, Kohlenmonoxid, Aerosolen und Methan im Wald. Wir finden gute Bedingungen vor: Eine brasilianische Straßenbaufirma hat, unter Ausnutzung ihrer Erfahrungen beim Bau der Transamazonica, im Auftrage der Regierung eine 35 km lange Straße zwischen Nichts und Nirgendwo in den Urwald gebaut und einen Flugplatz angelegt. Das Auto des Distrikt-Chefs und wenige Baufahrzeuge sind außer unserem Jeep die einzigen Fahrzeuge, die die Straße benutzen. Die Bevölkerung, vorwiegend Pygmäen, geht zu Fuß. Mit einem kleinen Flugzeug werden Meßflüge über den weiten Waldgebieten durchgeführt. Oft läßt schon ein Blick aus dem Fenster die zu messenden Spurenstoff-Verteilungen erahnen; die untersten 2 bis 3 km sind teilweise erfüllt von den Rauchfahnen der gleichzeitig an vielen Stellen brennenden Waldfeuer. In dieser Schicht werden bis zu 60 ppb Ozon und 300 ppb Kohlenstoffmonoxid beobachtet, ähnlich wie in den industrialisierten Breiten der Nordhemisphäre. Amerikanische Satellitenmessungen hatten uns schon vor einiger Zeit ein deutliches Ozonmaximum über dem äquatorialen Afrika und im Lee des afrikanischen Kontinents gezeigt, das im Photosmog aus Verbrennungabgasen und natürlichen Kohlenwasserstoffen des Waldes entsteht.
Nach drei Wochen mit nur wenig Moskitos, einer einzigen Viper und einem Tropengewitter haben wir unsere Messungen beendet. Ein Team des kongolesischen Fernsehens hat Meßflugzeug, Chromatographen und Wetterballons in Aktion gefilmt und in Interviews Neues erfahren über die Bedeutung seines einheimischen Biotops für die Welt.

San Francisco, Herbsttagung der American Geophysical Union. 2000 Vorträge über Vorgänge zwischen Erdkern, Ionosphäre und Milchstraße. Wir tragen unsere Ergebnisse aus Afrika vor. Andere Spurensucher berichten über Phytoplanktonblüten, Vegetationsbrände, Methanproduktion in Bö-

den Alaskas, Temperatursondierungen im Permafrost der Arktis, Tiefseebohrungen, Sommertrockenheit in den USA, Satellitenmessungen von Eisbedeckung und Chlorophyllproduktion: Der Patient Biosphäre hat sich der Errungenschaften der modernen Medizin bemächtigt und informiert sich über seinen Zustand. Beobachter, die über den Aspekt ihres Fachgebietes hinaus schauen können, erkennen in den Stoffwechselprozessen des Planeten gelegentlich die Lebensäußerungen eines planetarischen Organismus.[6] Ihre These – der die traditionellen Disziplinen mit nüchterner Skepsis begegnen – besagt, daß das Leben nur durch die Qualität und Quantität seines Stoffwechsels mit Atmosphäre und Ozean über die Oberfläche des Planeten verbreitet ist; dadurch wurde es zum dominanten Gestalter der Erdatmosphäre und reguliert die Oberflächentemperatur des Planeten in dem für die Erhaltung des Lebens notwendigen Bereich. Als Regelwerkzeuge gelten z. B. der Austausch von Treibhausgasen und von Gasen, die über ihre Fähigkeit, Mikrophysik und Reflektivität von Wolken in der Atmosphäre zu beeinflussen, den Strahlungsgenuß und die Temperatur der Erdoberfläche regeln könnten.[7] Entsprechend wird die Entwicklung der Wissenschaften zu einer Geophysiologie angeregt. Vielleicht würde sie es uns ermöglichen, nicht erst, wie heute, auf dem Umweg über eine Pathologie die Lebensäußerungen des »planetarischen Organismus« zu verstehen.

Anmerkungen

1 ppm und ppb sind Abkürzungen für »parts per million« bzw. »parts per billion«, sie geben hier das Verhältnis der Moleküle eines Spurengases in Luft zur Gesamtzahl der Luftmoleküle an.

2 Deutscher Bundestag, *Schutz der Erdatmosphäre: Eine internationale Herausforderung*. Zwischenbericht der Enquete-Kommission des 11. Deutschen Bundestages »Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre«, Bonn, Dt. Bundestag, Referat Öffentlichkeitsarbeit, 1988.

3 A. a. O.

4 M. O. Andreae u. D. Schimel (Hrsg.), »Exchange of trace gases between terrestrial ecosystems and the atmosphere, *Dahlem Konferenzen Report*, J. Wiley, erscheint 1989.

5 B. Bolin u. R. B. Cook (Hrsg.), *The major biogeochemical cycles and their interactions*, J. Wiley, Chichester, 1983, und P. Warneck, *Chemistry of the natural Atmosphere*, Academic Press, San Diego, 1988.

6 J. E. Lovelock, *The ages of Gaia, a biography of our living earth*, W. W. Norton & Co., London, 1988.

7 R. J. Charlson et al., »Oceanic phytoplancton, atmospheric sulfur, cloud albedo and climate«, *Nature*, Vol. 326, S. 655-661, 1987.

Turbulenzen

Also zuerst, da die Körper, aus deren Mischung das Ganze
Scheint zu bestehen: die Erde, die Luft, die Fluten des Wassers
Und das erwärmende Feuer; da diese von solcher Natur sind,
Daß sie werden erzeugt und wieder vergehen, so muß man
Diese Natur der Welt von gleicher Beschaffenheit halten.
Denn wo wir Glieder sehen und einzelne Teile des Körpers
Erst entstehen und dann hinfällig in ihren Gestalten,
Da bemerken wir auch des Ganzen Entstehung und Hinfall.
Seh' ich demnach von der Welt so mächtige Glieder und Teile
Aufgelöst und wieder erzeugt, so schließ' ich aus Gründen,
Daß auch Himmel und Erde vordem auf ähnliche Weise
Anfang haben gehabt, und daß ihnen das Ende bevorsteht.

Memmius, halte das nicht für zu schnell und flüchtig gefasset,
Daß ich Feuer und Erd' erkläre für sterbliche Wesen,
Auch die Vergänglichkeit nicht der Luft und des Wassers bezweifle;
Sage, daß ebendieselben aufs neue sich bilden und zeugen.
Siehe, wie immer ein Teil der Erde, durchglühet von Sonnen,
Unter den Füßen der Menge zerstampft, aufwallet in Nebeln
Und in Wolken von Staub darauf sich in Lüften zerstreuet,
Mächtig umher von den Winden verführt; ein anderer Teil noch
Wird vom Regen verschwemmt und den Ufer nagenden Flüssen.
Ferner, was anderem dient zum Anwuchs, wird in dem Maße
Selber ihm wieder ersetzt; und da kein Zweifel, daß diese
Erde, die Mutter aller, auch aller gemeinsames Grab sei,
Zehret sie selbst sich ab und wächst und mehrt sich auch wieder.
(...)

Nunmehr komm' ich zur Luft, wie diese zu jeglicher Stunde
Fast unzählige Mal' im ganzen Bestande sich ändert.
Nämlich, was immer den Dingen entfleußt, strömt wieder dem großen
Meere der Lüfte zu; und wofern nicht diese den Abgang
Wieder ersetzten den Dingen, den Ausfluß wieder ergänzten,
Hätte sich alles bereits gelöst und in Luft sich verwandelt.
Unaufhörlich daher ist zur Luft von den Dingen der Wechsel
Und zu den Dingen von ihr, denn gewiß strömt alles beständig.

Lukrez (ca. 94-55 v. Chr.): De rerum natura, 5. Buch;
Üb. Karl Ludwig von Knebel

Bücher
für eine bessere Welt

Gerade eine Gesellschaft, die bedingungslos auf Jugend und Dynamik getrimmt ist, hat ein Buch wie dieses bitter nötig!

Der Autor Dieter Strecker macht es seinen Lesern keineswegs leicht. Trotzdem läßt einen diese spannende und ergreifende Erzählung (über die Rebellion eines Altenheimes) noch lange nach der Lektüre nicht mehr los.
96 Seiten, kat. 12,– DM

Ein ungewöhnliches Buch und ein ebenso satirischer wie ernsthafter Streifzug durch die Psychoszene!

Franz Simon rührt in diesem Buch an Probleme, die jeder von uns „so gerne" hat und pflegt. Haben Sie Mut und lassen Sie sich zu Ihren Ängsten, Ihrer Wut und Ihrem Schmerz hinführen. Sie werden es nicht bereuen!
96 Seiten, kat. 12,– DM

lucy körner verlag

James E. Lovelock
Das Atmen der Erde
Ein geophysiologisches Modell

Die meisten von uns haben sich gelegentlich eingebildet, Opfer einer fatalen und zugleich romantischen Krankheit zu sein. Gewöhnlich passiert so etwas nach der Lektüre eines medizinischen Lehrbuchs, wobei man seine eigenen, nicht ganz so ernsten Symptome den dort beschriebenen gleichsetzt.

In den wohlhabenden Gegenden unserer Erde scheint die Gesellschaft kollektiv die gleiche Erfahrung zu machen. Der Unterschied besteht darin, daß sich die offensichtliche Hypochondrie auf die Welt bezieht und nicht auf das einzelne Indivduum. Das Gegenstück zu den medizinischen Lehrbüchern sind die allgegenwärtigen Weltuntergangsszenarien. Es herrscht kein Mangel an planetarischen Leiden, die man auf sich beziehen kann, von der alptraumhaften Vision eines Orwellschen psychosozialen Dramas bis zum nuklearen Winter, zum sauren Regen und so weiter und so fort.

Wie bei der Hypochondrie besteht das Problem nicht so sehr in der Realität dieser globalen Übel als vielmehr in der Ungewißheit, ob die gegenwärtigen Symptome Vorzeichen einer künftigen Katastrophe sind, oder ob sie nur auf zunehmendes Wachstumsleiden der Welt hinweisen.

Ein intelligenter Hypochonder konsultiert wegen seiner Beschwerden keinen Biochemiker oder Molekularbiologen, sondern er sucht einen Arzt auf. Ein guter Arzt weiß, daß sich hinter einer Hypochondrie oft echte Krankheiten verbergen, die ganz verschieden von denen sind, die der Patient sich eingebildet hatte. Könnte es vielleicht sein, daß unsere große Sorge um den Zustand der Welt so etwas wie eine globale Hypochondrie ist? Wenn dem so wäre, dann sollten wir uns fragen, ob es unter solchen Umständen weise ist, allein bei Fachexperten wie Klimatologen oder Biogeochemikern Rat und Hilfe zu suchen. Es könnte sein, daß die echte planetarische Malaise jenseits ihrer Sachkenntnis angesiedelt ist. Freilich scheinen wir keine andere Wahl zu haben, offenbar gibt es bis jetzt noch nicht so etwas wie eine »planetarische Medizin«.

Unterstellen wir, in den obigen Überlegungen stecke ein wahrer Kern, und überlegen wir uns, welche Maßnahmen wir als nächstes treffen sollten. Es

könnte dies auf die Etablierung eines neuen Berufs hinauslaufen, des »Planetenarztes«.
Wie könnten die Qualifikationen für eine solche Profession aussehen? Wenn die Geschichte der Medizin etwas lehrt, dann wird diese Profession aus Mutmaßungen und Erfahrungen erwachsen. In der Frühgeschichte der Medizin beeinflußte die Physiologie, die Wissenschaft des als System betrachteten menschlichen Individuums, in starkem Maß den weiteren Fortschritt. Die Erkenntnis des Paracelsus, wonach »das Gift in der Dosis liegt«, ist eine physiologische Einsicht, die von jenen Umweltschützern wiederentdeckt werden muß, die immer noch nach der unerreichbaren und sinnlosen Nullgrenze für Schadstoffe suchen.
Die Entdeckung des Blutkreislaufs durch Harvey trug in ähnlicher Weise zum Wissensstand der Medizin bei wie die Meteorologie zum Verständnis der Vorgänge auf der Erdoberfläche. Die wissenschaftlichen Sondergebiete, wie Biochemie und Molekularbiologie, traten erst viel später in Erscheinung, und es brauchte erhebliche Zeit, bis die Ergebnisse ihrer Einsichten die medizinische Praxis bereichern konnten.
Den folgenden Erörterungen liegt die Absicht zugrunde, *Geophysiologie* als einen systematischen Zugang zu einer »Wissenschaft von der Erde« einzuführen. Sie bildet die grundlegende theoretische Basis für die zu erwartende Disziplin einer planetarischen Medizin. Dabei soll diese Geophysiologie keineswegs die Bedeutung der etablierten Wissenschaftsgebiete mindern oder gar diese ersetzen, sie soll sie vielmehr ergänzen.
Im folgenden werden die theoretischen Grundlagen einer solchen Geophysiologie erörtert, und zum Schluß wird diskutiert, auf welche Weise dieser Zugang bei der Planung von Maßnahmen zur Diagnose und Vorbeugung der drohenden planetarischen Krankheiten von Nutzen sein kann. Die Schlußfolgerungen sollen ihre Anwendung speziell auf das Problem der tropischen Feuchtgebiete finden.

1. Theoretische Grundlagen der Geophysiologie

Vorstellungen, wonach die Erde eine Art lebendes System ist, haben eine lange Geschichte. Im vorigen Jahrhundert haben Dumas und Boussingoult den Kreislauf von Elementen, wie Kohlenstoff und Stickstoff, zwischen Leben und Umwelt beschrieben und damit die Grundlage für ein *Biogeochemie* genanntes Wissenschaftsgebiet gelegt. Die erste wissenschaftliche Formulierung der Idee, wonach die Gesamtheit der *Biota,* der Flora und Fauna einer Region, mehr sein müsse als eine bloße Aufzählung von Arten,

stammt von Vernadsky (1945), der auch den Terminus *Biosphäre* für den Bereich des Planeten prägte, in dem es Leben gibt. Diese neue Disziplin wurde dann auf breiter Basis weiterentwickelt.

Die in den späten sechziger Jahren entstandene Geophysiologie ist ein unbeabsichtigtes Nebenprodukt des Raumfahrtprogramms der NASA. Sie entstand bei der Planung von Experimenten, deren Ziel es war, Leben auf anderen Planeten, insbesondere auf dem Mars, zu entdecken. Zum größten Teil gingen diese Experimente von geozentrischen Vorstellungen aus und hatten das Ziel, auf dem Planeten ein biologisches oder biochemisches Miniaturlaboratorium zu installieren, um mittels der den Biologen auf der Erde vertrauten Techniken nach Lebensspuren zu suchen. Hitchcock und ich selbst sahen dies ganz anders. Wir vertraten die Ansicht, solche Experimente würden wegen ihres Geozentrismus fehlschlagen, und äußerten die Überzeugung, daß es sicherere Wege zur Aufdeckung eines wie auch immer beschaffenen planetarischen Lebens gebe. Der alternative Zugang zu diesem Ziel beruhte auf einer «systematischen« (an der Systemtheorie orientierten) Vorstellung von planetarischem Leben. Danach sollte sich Leben, betrachtet man dieses als eine allumfassende Entität, vor allem durch eine Veränderung in der planetarischen Atmosphäre bemerkbar machen. Eine solche Veränderung ließe sich durch einen Vergleich mit der Atmosphäre eines nichtbiologischen Beharrungszustandes, wie man ihn auf einem unbelebten Planeten vorfindet, ermitteln. Hinter dieser Idee steckte die Überlegung, daß alle Biota jedes ihnen erreichbare bewegliche Medium als Quelle für lebensnotwendige Nährstoffe und als »Deponie« für die Abfallprodukte ihres Stoffwechsels benutzen müßten. Eine solche Aktivität würde einen belebten Planeten von einem unbelebten deutlich unterscheidbar machen. Zu dieser Zeit gab es eine auf Infrarotdaten beruhende recht eingehende Analyse der Zusammensetzung der Atmosphären von Mars und Venus, und diese zeigte, daß die Gashülle beider Himmelskörper nicht weit vom chemischen Gleichgewicht entfernt ist. Sie waren deshalb aller Wahrscheinlichkeit nach ohne Leben. Im Gegensatz dazu enthält die Erdatmosphäre oxidierende und reduzierende Gase in einer weit vom Gleichgewicht entfernten Konzentration, die dennoch durch Lebensvorgänge in einem stabilen Zustand erhalten wird. Die von der Erde ausgehende Strahlung weist deutlich auf das Vorhandensein von Leben hin, so daß dieser Sachverhalt auch für einen außerhalb des Sonnensystems weilenden Beobachter erkennbar sein müßte. Der Erfolg dieses neuen Zugangs zur Entdeckung von außerirdischem Leben veranlaßte uns, unsere Aufmerksamkeit wieder auf die Erde zurückzulenken, und zwar zu der Eigenart eines Systems, das eine vom Gleichgewicht entfernte Atmosphäre trotzdem in einem stabilen Zu-

stand zu halten vermag, der, und das ist noch bemerkenswerter, gerade richtig zur Aufrechterhaltung von Leben ist.

In den frühen siebziger Jahren stellten Lynn Margulis und ich (1974) die sogenannte »Gaia«-Hypothese[1] vor. Ihr zufolge ist die Erde ein sich selbst regelndes System, das die Biota und ihre Umwelt umfaßt und die Fähigkeit besitzt, die für die Aufrechterhaltung von Leben notwendigen Klimabedingungen und die richtige chemische Zusammensetzung in einem stabilen Zustand zu erhalten.

Die meisten Geowissenschaftler dürften heutzutage akzeptieren, daß die Zusammensetzung der Atmosphäre ein Ergebnis der biologischen Entwicklung ist, und das bedeutet einen Erfolg der Biogeochemie. Demgegenüber würden jedoch viele der Behauptung widersprechen, daß diese Biota auf irgendeine Weise die Zusammensetzung der Atmosphäre oder einige andere wichtige Variablen »kontrollieren« (wie etwa die globale Temperatur und das Redox-Potential[2] der Oberfläche, das von der Atmosphäre abhängt). Der Haupteinwand gegen die Gaia-Hypothese oder die geophysiologische Betrachtungsweise ist, sie sei teleologischer Natur; damit ist gemeint, daß die Regelung des Klimas oder der chemischen Zusammensetzung der Atmosphäre in planetarischem Maßstab eine Art von Prognostik oder Hellsehen durch die Biosphäre erforderte. Ich werde im folgenden zu zeigen versuchen, daß dieser Einwand nicht zutrifft, daß die geophysiologischen Regelmechanismen keinerlei Voraussicht oder Planung bedürfen. In Wirklichkeit handelt es sich um eine ganz einfache Konsequenz der Darwinschen Theorie der natürlichen Auslese. Die Entwicklung einer Spezies ist eben nicht unabhängig von ihrer Umwelt, vielmehr sind beide Prozesse eng miteinander verknüpft. Leben und Umwelt entwickeln sich gemeinsam als ein einziges System, so daß nicht nur die Art, welche die meiste Nachkommenschaft hinterläßt, dies *auch* der Umwelt verdankt, sondern daß eine Umwelt, welche die meiste Nachkommenschaft begünstigt, sich am besten erhält. Wie sieht nun der Mechanismus der geophysiologischen Regelung aus?

Nehmen wir einmal an, die Biosphäre sei imstande, die Umwelt tiefgreifend zu beeinflussen. Natürlich trifft auch das Umgekehrte zu: Organismen unterliegen der Einwirkung der Umwelt. Nehmen wir als Beispiel die Zusammensetzung der Atmosphäre, so sehen wir, daß Pflanzen und Tiere nicht nur vom Sauerstoff, Kohlendioxid und Stickstoff der Luft abhängen, sondern daß sie auch selbst alle drei Gase produzieren. Mit anderen Worten, Leben und Umwelt sind zwei Glieder eines Regelkreises, die über eine Rückkopplungsschleife miteinander verbunden sind. Störungen bei einem Glied werden das andere beeinflussen, und dieses wird seinerseits auf das

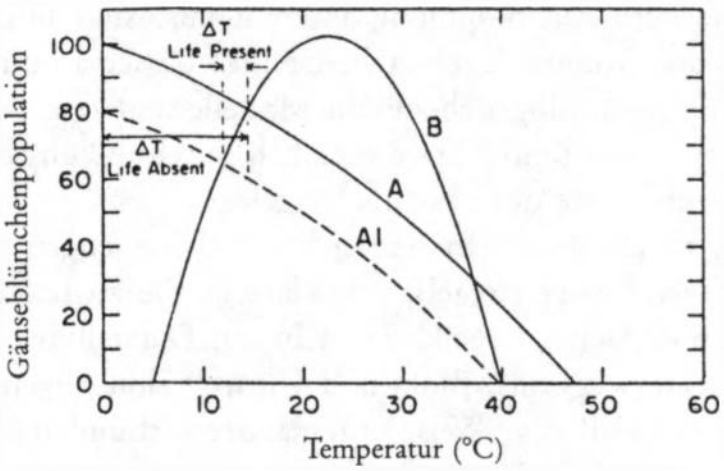
Ausmaß der Veränderung bei dem ersten zurückwirken. Eine solche Rückkopplung kann negativ sein, also einer Änderung entgegenwirken, oder positiv, das heißt, diese verstärken. Im allgemeinen wird der Rückkopplungskoeffizient, also die Stärke der Rückkopplung, von Null verschieden sein. Geophysiologische Modelle zeichnen sich gegenüber konventionellen durch eine stärkere Rückkopplungsaktivität aus, sind infolgedessen leistungsfähiger und können ihren Arbeitspunkt besser an die Entwicklung des Systems anpassen. Biogeochemische Modelle sind vergleichsweise unergiebig, und ihr Arbeitspunkt ist gewöhnlich durch die physikalischen und chemischen Grenzwerte des Systems festgelegt.
Es fragt sich, welche Eigenschaften sich aus dieser engen Kopplung von Leben und seiner Umwelt ergeben. Erklärt sie die zu beobachtende Homöostase[1]? Ein einfacher Regelkreis reicht zur Darstellung der wirklichen Verhältnisse keineswegs aus, Biota und Umwelt sind ungemein komplexe Entitäten, die auf vielfältige Weise miteinander verbunden sind. So gibt es kaum einen Aspekt ihrer Wechselwirkung, der sich zuverlässig durch eine mathematische Gleichung beschreiben ließe. Das brachte mich darauf, die Angelegenheit gewaltig zu vereinfachen, nämlich den Umgebungseinfluß auf eine einzige Variable zu reduzieren, die Temperatur, und die Lebenssphäre auf eine einzige Spezies: Gänseblümchen. Ich beschrieb also eine »Gänseblümchenwelt« (erstmalig im Jahre 1982), und meinem Kollegen Andrew Watson verdanke ich die graphische Umsetzung dieser Idee (Abb. 1).

2. Das »Gänseblümchen«-Modell

Die Gänseblümchenwelt ist ein wolkenloser Planet mit vernachlässigbarem Treibhauseffekt, und das einzige auf ihm existierende Leben besteht aus Gänseblümchen. Beginnen wir mit der Annahme, die Gänseblümchen seien weiß. Daß sie heller sind als der Boden, auf dem sie wachsen, führt dazu, daß die Albedo (das Verhältnis von zugeführter zu reflektierter Lichtmenge) des von ihnen bedeckten Gebietes und damit die dort herrschende Temperatur niedriger ist als die eines entsprechenden Terrains mit kahlem Boden. Bedecken die Blümchen einen wesentlichen Teil der planetaren Oberfläche, so wird das die mittlere Temperatur beeinflussen. Dies wird durch die Kurve A der Abbildung 1 veranschaulicht. Die dazu parallel verlaufende, gestrichelte Kurve A, stellt dar, wie sich die Kurve A verschieben würde, wenn sich eine äußere, die Temperatur des Planeten beeinflussende Variable änderte. Dies könnte zum Beispiel die Temperatur sein, die

zurückgeht, wenn sich die Strahlungsintensität (Luminosität) der die Gänseblümchenwelt bescheinenden Sonne vermindert.

Abbildung 1



Kurve A zeigt den Einfluß der Gänseblümchenbedeckung auf die mittlere Temperatur einer Gänseblümchenwelt, Kurve B den Einfluß der Temperatur auf das Wachstum der Gänseblümchen. In dem Beispiel ist angenommen, daß diese heller sind als die nackte Oberfläche des Planeten, so daß mit zunehmender Bedeckung mehr Sonnenlicht reflektiert wird und damit die mittlere Temperatur sinkt. Der linke Schnittpunkt der Kurven A und B bedeutet stabiles Gleichgewicht zwischen Pflanzendecke und Temperatur. Die gestrichelte Kurve A_1 entspricht einer geringeren solaren Leuchtkraft als Kurve A. Reagierte die Gänseblümchendecke nicht auf die Außentemperatur, dann betrüge der Temperaturunterschied zwischen der Pflanzendecke und der nackten Planetenoberfläche infolge der solaren Leuchtkraftdifferenz ΔT ungefähr 16° C; wenn jedoch die Gänseblümchen, wie vorauszusehen, auf die kühlere Sonne durch einen dünneren Bewuchs reagieren, dann beträgt die Temperaturdifferenz ΔT_1 nur etwa 2° C. Dieser einfache Rückkopplungsmechanismus zwischen dem Leben und seiner Umwelt bildet die Grundlage der geophysiologischen Regelung.

Unsere Gänseblümchen wachsen, wie nahezu alles pflanzliche Leben auf der Erde, am besten in einem beschränkten Temperaturbereich. Die Wachstumsgeschwindigkeit erreicht ihr Maximum bei etwa 20° C und fällt auf Null unterhalb von 5° und oberhalb von 40° C. In Abhängigkeit von der Temperatur wird sich die Populationsdichte der Gänseblümchen im stationären Zustand entsprechend der Kurve B der Abbildung 1 entwickeln. Die Kurven A und B stellen den Zusammenhang zwischen der Temperatur und der Gänseblümchenpopulation im stationären Zustand dar, wobei sich der stationäre Zustand des ganzen Systems aus den Schnittpunkten der beiden Kurven ergibt. Die Darstellung zeigt, daß es dafür zwei mögliche Lösungen gibt, von denen aus mathematischen Gründen die eine (die linke) stabil, die

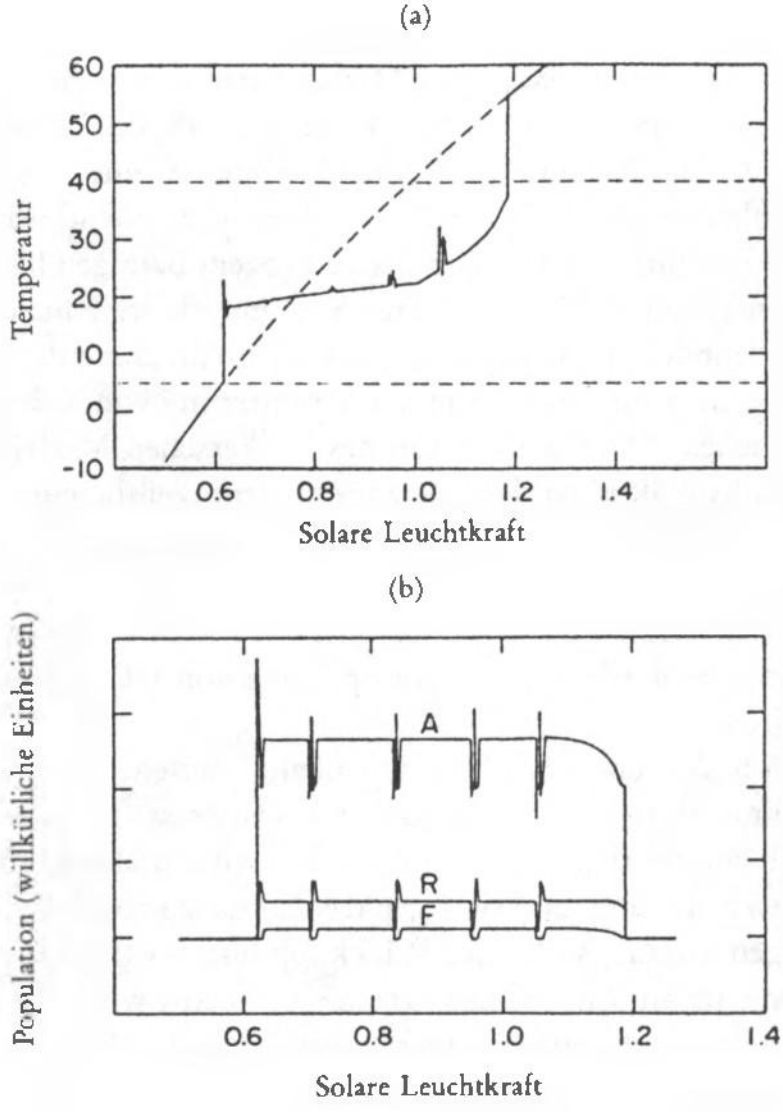
andere (rechte) instabil ist. Bei einem willkürlich angenommenen Anfangszustand wird das System normalerweise dem stabilen Zustand zustreben.
Was passiert mit der stabilen Lösung, wenn irgendeine Änderung der äußeren Bedingungen die Temperatur der Pflanzen verschiebt? Nehmen wir zum Beispiel an, die Sonne würde heißer, wie das bei der unsrigen der Fall sein soll. Wird die Populationsdichte der Gänseblümchen auf künstliche Weise konstant gehalten, dann folgt die Oberflächentemperatur einfach der erhöhten Strahlungsleistung; doch wird die Temperaturerhöhung erheblich geringer sein, wenn wir es den Gänseblümchen ermöglichen, in einen neuen stationären Zustand hineinzuwachsen. In diesem hat sich die Pflanzenwelt in dem Sinn verändert, daß die Wirkung der Änderung der solaren Strahlung entgegengesetzt ist.
Dieses Modell beruht auf sehr wenigen Annahmen, doch ist es unnötig, den Gänseblümchen irgendwelche Absichten oder Vorahnungen zuzuschreiben. Wir haben nur angenommen, daß das Wachstum die mittlere Temperatur des Planeten zu beeinflussen vermag und umgekehrt. Entscheidend ist, daß der Wirkungszusammenhang in beiden Richtungen funktioniert. Schwarze Gänseblümchen hätten es genausogut getan. Solange sich die Albedo der Gänseblümchenwelt von der des nackten Bodens unterscheidet, wird sich irgendein stabiler Temperaturzustand einstellen. Die Annahme, daß das Wachstum auf einen engen Temperaturbereich beschränkt ist, ist für das Funktionieren des Mechanismus entscheidend, doch zeigt sich, daß sich der Hauptteil allen Lebens in etwa demselben, relativ engen Intervall abspielt. Übrigens gilt der bogenförmige Verlauf der Wachstumskurve B außer für die Temperatur mutatis mutandis auch für andere Variable, wie den Säurewert des Bodens und den Gehalt unterschiedlicher Nährstoffe.
In einer neueren Arbeit (Watson & Lovelock, 1983) wird dieses Modell eingehender diskutiert; dabei betonen wir, daß wir diese Betrachtung nicht deshalb anstellten, um nachzuweisen, daß Gänseblümchen oder andere bunte Pflanzen durch den erwähnten Mechanismus die Oberflächentemperatur der Erde regeln, sondern weil es ein durchsichtiges Modell der Kopplung zwischen der Biosphäre und der Umwelt darstellt. Die Gänseblümchenpopulationen wurden durch Differentialgleichungen abgebildet, die unmittelbar der theoretischen Ökologie entlehnt waren (Carter & Prince, 1981).
Das Gänseblümchenmodell zeigt eine neue und gänzlich unerwartete Eigenschaft. Die mathematische Lösung der entsprechenden Differentialgleichungen ist nicht, wie bei den bekannten ökologischen Modellen, auf zwei Spezies beschränkt. Tatsächlich ist die Zahl der Arten, die sich bei dem Rechenverfahren berücksichtigen lassen, allein durch die Größe und Geschwindigkeit der Computer sowie die Ausdauer ihres Benutzers begrenzt.

Die Einführung einer aus den Umweltbedingungen abgeleiteten Rückkopplung scheint das System von Differentialgleichungen, das zur Darstellung von Wachsen und Wettbewerb der Spezies benutzt wurde, zu stabilisieren. Demgegenüber haben die Modelle der theoretischen Ökologie fast stets die Umwelt der in ihre Rechnungen eingehenden Spezies unbeachtet gelassen, ganz ähnlich, wie die geophysikalischen und geochemischen Modelle dahin tendieren, die Biosphäre zu ignorieren. Die Gänseblümchenwelt und ähnliche Modelle sind zugegebenermaßen primitiv und bis jetzt auf einige wenige Spezies sowie auf eine einzige Umweltvariable beschränkt. Dennoch, sie sind Modelle der Entwicklung eines aktiven Systems, in dem Biosphäre und Umwelt eng verkoppelt sind, und sie teilen mit der realen Welt tatsächlich die starke Tendenz zur Gleichgewichtserhaltung und Stabilität.

Die Leistungsfähigkeit der Gänseblümchenmodelle läßt sich vielleicht am besten durch eine in Abbildung 2 dargestellte imaginäre Welt veranschaulichen. Sie stellt den Verlauf der Geschichte eines Planeten dar, wo bei zunehmender Strahlungsleistung seiner Sonne Temperaturkonstanz aufrecht erhalten wird, und dies trotz Katastrophen, die einen erheblichen Bruchteil der Pflanzen vernichten. Zusätzlich ist diese Welt mit Kaninchen bevölkert, welche die Blumen fressen, und mit Füchsen, die sich von den Kaninchen ernähren. Ein guter Maßstab für die Leistungsfähigkeit eines sich selbst regelnden Systems ist seine Fähigkeit, Störungen auszugleichen, sowie die Schnelligkeit und Reibungslosigkeit bei seiner Rückkehr in den Normalzustand. Das in Abbildung 2a dargestellte System wurde viermal im Verlauf seiner Geschichte durch abrupte, doch zeitlich begrenzte Ausrottung von 40 Prozent seiner Pflanzenpopulation gestört. Diesen Störungen wurde erfolgreich widerstanden, und das System kehrte in seinen früheren stationären Zustand zurück. Abbildung 2b stellt die Veränderung der Population einer Spezies während der Entwicklung der Modellwelt dar. Zwischen den durch die Störungen verursachten Einbrüchen sind sowohl die Umwelt wie die Populationszahlen der Spezies stabil. Bemerkenswert ist übrigens, daß sich die beiden Parameter stets gleichzeitig verändern. Über die Ursache der Störungen sagt das Modell nichts aus, sie können äußerlich oder innerlich bedingt sein. Die Form des Reaktionsverlaufs ähnelt der, die S. J. Gould in seiner Hypothese der »unterbrochenen Evolution« beschrieben hat.

Gaia-Modelle sind weder auf Gänseblümchen noch auf Temperaturregelung durch Änderung der Albedo beschränkt. Von anderen Umwelteinflüssen, wie dem pH-Wert von Boden oder Meerwasser und der zur Verfügung stehenden Menge an Sauerstoff beziehungsweise anderen lebenswichtigen Elementen, läßt sich auf einleuchtende Weise zeigen, daß sie sich durch ganz analoge Gleichgewichtsprozesse in einem engen Bereich halten.

Abbildung 2



(a) Entwicklung der Temperatur in einer imaginären, von Gänseblümchen bevölkerten Welt. Ihre »Farbe« ändert sich als Reaktion auf die Temperatur nur in einem Bereich von 5° bis 40° C. Die Welt wird überdies von Kaninchen bevölkert, welche die Gänseblümchen abgrasen, und von Füchsen, welche die Kaninchen fressen. Zusätzlich wird diese Gänseblümchenwelt von Katastrophen heimgesucht, die das Absterben von 40 Prozent des Pflanzenbestands verursachen. Es wird angenommen, daß diese Welt von einem Stern erwärmt wird, dessen Leuchtkraft linear mit der Zeit zunimmt. Übersteigt die planetarische Temperatur 5° C, wachsen die Gänseblümchen schnell heran und sind, als Reaktion auf die ursprüngliche niedrige Temperatur, dunkler gefärbt. Die mittlere Temperatur steigt als Folge positiver Rückkopplung an, bis die zur Homöostase passende Arbeitstemperatur erreicht ist. Diese Homöostase wird gegenüber einer viermaligen Störung aufrechterhalten. Man erkennt, wie das Vermögen zur Aufrechterhaltung der Homöostase abnimmt, wenn die zunehmende Stärke der Einstrahlung das System an die Grenzen seiner Regelungsfähigkeit gelangen läßt. Die gestrichelte Kurve zeigt die zu erwartende Temperatur des Planeten, wenn es kein Leben gibt.
(b) Die Population von Gänseblümchen (A), Kaninchen (K) und Füchsen (F) im Verlauf der Entwicklung der Gänseblümchenwelt. Man betrachte Abb. 2b in Zusammenhang mit Abb. 2a.

Die Regelung des Klimas als Folge einer evolutionären Rückkopplung unter Beteiligung von CO_2 und der Verwitterung von Gestein durch die Biosphäre ist schon früher beschrieben worden (Lovelock & Watson, 1982; Lovelock & Whitfield, 1982). Das Modell beruht auf einem von Walker, Hays & Kasting (1981) entworfenen; sie nahmen an, das Klima sei zur Zeit der Entstehung des Lebens trotz einer kühleren Sonne wegen eines viel höheren Kohlendioxidgehalts der Atmosphäre ausreichend warm gewesen. Nach ihrer Annahme soll dieser 10 bis 30 Prozent betragen haben. Als sich die Sonne weiterentwickelte und ihre Strahlungskraft zunahm, blieb die Temperatur dennoch wegen einer andauernden Abnahme des CO_2 nahezu konstant. Die Ursache davon ist in der Verwitterung von Kalziumsilikatgesteinen zu suchen. Die Gaia-Version des Walkerschen Modells nimmt an, daß die Biosphäre aktiv an dem Verwitterungsprozeß beteiligt ist und daß die Geschwindigkeit dieses Prozesses in einer unmittelbaren Beziehung zur Biomasse des Planeten steht. Wird es schließlich zu kalt, dann nimmt die Verwitterungsgeschwindigkeit entsprechend ab, und der Partialdruck des CO_2 steigt wegen der konstanten Einspeisung von CO_2 durch Entgasung des Erdinneren.

Modelle dieser Art über den Zusammenhang zwischen atmosphärischem CO_2 und Klima dürften zu dem andauernden Interesse an diesem wichtigen Umweltproblem beitragen. Sie gründen sich auf ein aktives Regelungssystem mit Rückkopplung, und sie sagen das Auftreten von Instabilitäten und Schwankungen voraus, sollte der Rückkopplungskoeffizient einmal positive Werte annehmen. Ein solches Ereignis ist höchst wahrscheinlich, wenn sich das System den Grenzen seiner Regelfähigkeit nähert. Es ist interessant, die Voraussagen des Modells mit Beobachtungen über den Zusammenhang zwischen dem CO_2-Gehalt der Atmosphäre und dem für die letzte Eiszeit charakteristischen Klima mit dem plötzlichen und anscheinend gleichzeitig erfolgenden Anstieg von CO_2 und Temperatur am Ende der kalten Periode und bei ihrem Übergang zu der heutigen, wärmeren zu vergleichen. Die genaue Abfolge von Temperatur- und CO_2-Anstieg am Ende der letzten Vereisung ist zwar immer noch umstritten, doch dürften nur wenige bezweifeln, daß Temperatur und CO_2 in globalem Maßstab erheblich zunahmen. Diese schnelle Veränderung vor etwa 12 000 Jahren läßt sich nicht durch eine geophysikalische oder geochemische Theorie allein erklären. Sie legt als Ergänzung eine Veränderung der Biosphäre nahe, die höchstwahrscheinlich in Zusammenhang steht mit dem plötzlichen Absterben eines beträchtlichen Teils des Meeresplanktons, einem Vorgang, der den Abfluß von CO_2 aus der Atmosphäre drastisch verringern würde.

Die geophysiologische Voraussage einer oszillierenden Instabilität nahe den Grenzen des Regelkreises paßt recht gut zu diesen Beobachtungen. Es ist übrigens wohlbekannt, daß die Zeiten der Vereisung synchron mit Änderungen der Leuchtkraft der Sonne verlaufen, die hinwiederum eine Folge von Lage und Neigung der Erdbahn ist, dem sogenannten Milankowitsch-Effekt. Dieser allein kann jedoch nicht den schnellen Wechsel der Vereisung erklären; er könnte aber das auslösende Moment bilden, das einen ansonsten ungeregelt verlaufenden Schwingungsvorgang synchronisiert.

3. Die heutige Geophysiologie und die tropischen Feuchtgebiete

Nach der Gaia-Theorie sind wir Bewohner und Teil eines quasi lebenden Gebildes, das zugleich einer globalen Homöostasie fähig ist. Dies ist die Grundannahme der Geophysiologie, und wenn diese Theorie zutrifft, dann können wir die Konsequenzen von Störungen – wie solchen, die wir selbst verursachen – nicht so modellieren, als wäre die Welt ein passives System wie das »Raumschiff Erde«.
Von politisch motivierten Kritikern ist eingewendet worden, die Gaia-Hypothese sei nichts als ein Märchen, das erfunden wurde, um es der Industrie zu erlauben, die Umwelt nach Belieben zu verschmutzen. Mutter Gaia würde den Dreck schon forträumen. Es trifft zwar zu, daß ein homöostatisches System gegenüber Störungen ziemlich tolerant ist. Das aber ist nur dann der Fall, wenn es »gesund« ist, das heißt, wenn es die Grenzen seines Regelbereichs nicht überschreitet. Wird ein solches System bis an die Grenzen beansprucht, dann kann selbst eine kleine Störung bewirken, daß es entweder in einen neuen stabilen Zustand umkippt oder gänzlich zusammenbricht. Unter solchen Umständen können Verschmutzung und Veränderungen in der Bodennutzung, aber auch in der Ökologie der Festlandsokkel Ursachen zur Herbeiführung globaler Katastrophen sein.
Es kann durchaus sein, daß das Regelvermögen des Erdklimas nicht weit von einer solchen Grenze entfernt ist. Steht eine solche Klimaregelung tatsächlich mit der CO_2-Konzentration der Atmosphäre in Zusammenhang, dann stoßen wir nunmehr offensichtlich an deren Grenzen: Einerseits darf die CO_2-Konzentration in der Atmosphäre nicht wesentlich unter das Niveau der letzten Eiszeit von 180 ppm sinken, ohne ernstlich das Wachstum mancher weit verbreiteten Pflanzen zu beeinträchtigen. Stören wir andererseits das Strahlungsgleichgewicht der Erde, indem wir mehr CO_2 und andere Treibhauseffekte verursachende Gase in die Luft blasen, verringern wir zudem das Regelvermögen der Erde durch Verkleinerung der Waldflächen,

oder tun wir gar beides gleichzeitig, dann könnten wir durch einen plötzlichen Sprung von CO_2-Gehalt und Temperatur auf ein neues und wesentlich wärmeres Niveau des Gleichgewichts überrascht werden – oder durch den Beginn periodischer Fluktuationen zwischen diesem und dem gegenwärtigen Zustand unseres Klimas. Ein Biogeochemiker oder ein Klimatologe könnten entgegnen, daß, selbst wenn ein solches System wie Gaia existierte, seine Reaktionen auf Umweltveränderungen unendlich langsam vonstatten gehen würden, vergliche man sie mit dem Tempo des alltäglichen Lebens. So verständlich diese Kritik auch sein mag, so fragwürdig sind doch ihre Voraussetzungen, denn als Lebewesen bilden wir einen Teil von Gaia, und diese könnte durchaus auf menschliches Tun reagieren. Überdies kann ein System mit langen Reaktionszeiten durchaus auch kurzfristig reagieren.

Die im Vergleich zu anderen erdähnlichen Planeten anomal niedrige irdische CO_2-Konzentration und vor allem der Umstand, daß die mittlere Oberflächentemperatur der Erde im kühleren Bereich des Optimums des Regelungsintervalls liegt, weisen nachdrücklich darauf hin, daß unsere Biosphäre das Klima durch den Entzug von CO_2 regelt. Demgegenüber scheinen die meisten der von uns in die Luft geblasenen Schmutzstoffe und auch die Ausbeutung des Bodens das eine gemeinsam zu haben, daß sie, wenn auch unbeabsichtigt, diesem Prozeß entgegenwirken.

Welche Bedeutung hat nun dieser Fragenkomplex der globalen Temperaturregelung für das Problem der tropischen Feuchtgebiete, der Regenwälder? Er bestärkt auf verschiedene Weise die sich aus konventionellen Modellrechnungen ergebende allgemeine Überzeugung, daß die Auswirkungen großräumiger Veränderungen der Landnutzung in den Tropen sich nicht auf diese Regionen beschränken (Dickinson, 1986). Die klimatischen Folgen der Waldvernichtung befördern mindestens auf additive Weise die Einflüsse von CO_2 und anderer zu einem Treibhausklima beitragender Gase. Leider sind aber selbst die kompliziertesten Klimamodelle nicht in der Lage, die Konsequenzen solcher Veränderungen vorauszusagen, berücksichtigt man nicht die Biosphäre in einer Weise, die ihrem starken Einfluß, insbesondere einer Eingrenzung der Umweltvariablen auf einen engen Stabilitätsbereich, Rechnung trägt. Es reicht nicht aus, einfach diese Biosphäre mit ihren Inputs und Outputs als Zusatzelement an das biogeochemische Modell anzuflicken. Um es mit einer Analogie zu verdeutlichen: auch eine eingehende Kenntnis der Biochemie des oxidativen Stoffwechsels des Menschen sagt nichts darüber aus, wie wir unsere Körpertemperatur in warmer oder kalter Umgebung aufrechterhalten.

Die meisten Klimatologen stimmen darin überein, daß Wälder zu einer Verdichtung der Wolkendecke über ihnen tendieren und daß hierdurch das

Klima in diesen Regionen hinsichtlich Temperatur und Regenmenge verändert wird (siehe z. B. Henderson-Sellers & Hughes, 1984). Der Geophysiologe wird zusätzlich feststellen, daß der aktive Prozeß einer Wasserdampfverdunstung durch die Bäume mit den klimatischen Verhältnissen zusammenhängt – wodurch in diesem Gebiet eine Homöostasie in dem Bereich aufrechterhalten wird, der den Bäumen zuträglich ist.

Allerdings gibt es bis jetzt auf folgende Frage keine Antwort: Wie groß ist in den tropischen Feuchtgebieten, den Regenwäldern, der Flächenanteil, den man in offenes Ackerland oder Baumkulturen umwandeln kann, ohne die regionale oder gar die globale Umwelt zu schädigen? Die Frage gleicht der nach dem Ausmaß der Hautfläche, die durch Verbrennung geschädigt werden kann, ohne daß der Organismus ernsthaft beeinträchtigt wird. Diese zweite Frage wurde durch unmittelbare Beobachtung der durch Unfälle verursachten Verbrennungen beantwortet, doch hat man hierzu, soweit ich weiß, kein Modell entwickelt. Andererseits könnte jedoch vielleicht die Entwicklung detaillierter geophysiologischer Modelle das Umweltproblem lösen, waren doch die hier vorgestellten Modelle ganz erfolgreich. Wenn wir die Physiologie des Menschen als eine Art Leitfaden nehmen, dann könnten vielleicht empirische Schlüsse aus einer Untersuchung der örtlichen klimatischen Folgen regionaler Veränderung der Landnutzung zu den gesuchten Informationen führen.

In gewisser Weise gleicht beispielsweise das Ökosystem eines Tropenwaldes einer menschlichen Kolonie in der Antarktis oder auf dem Mond. Sie selbst kann sich nur in einem begrenzten Umfang erhalten, im übrigen hängt ihre Existenz von der Zufuhr von Nahrungsmitteln und wichtigen Bedarfsgegenständen aus der Außenwelt ab. Natürlich versuchen Ökosysteme wie Kolonien ihre Verluste so gering wie möglich zu halten, indem sie Wasser, Wärme oder wichtige Nährstoffe so gut wie möglich (z. B. durch Recycling) zu erhalten streben; so kann man sie in gewisser Weise als »sich in bestimmten Grenzen selbst regelnde« Systeme betrachten. In analoger Weise halten die tropischen Regenwälder ihren Feuchtigkeitszustand aufrecht, indem sie ihre Umwelt so modifizieren, daß mehr Regen fällt. Die traditionelle Ökologie neigte dazu, Ökosysteme isoliert zu betrachten. Die Geophysiologie erinnert uns daran, daß alle Ökosysteme in wechselseitiger Verbindung stehen. Zur Verdeutlichung die folgende Analogie: Bei einem Lebewesen kann die Leber bis zu einem bestimmten Grad ihre Umgebung regeln, man kann erreichen, daß ihre Zellen auch in der Abgeschlossenheit einer Gewebekultur weiterwachsen. Dennoch vermögen weder der Organismus noch seine Leber für sich allein zu existieren, sie hängen entscheidend von ihrer wechselseitigen Verbindung ab.

Wir wissen nicht, ob es auf der Erde für ihre Ökologie lebenswichtige Systeme gibt, wenn es auch schwer vorstellbar ist, daß Leben ohne die sauerstoffarmen Systeme der Sedimente weiterbestehen könnte. Die Wälder der tropischen Feuchtgebiete tragen weder wesentlich zum Sauerstoffhaushalt der Welt noch zum Austausch essentieller Elemente durch die Atmosphäre bei. Ihre intensive Biosynthese verbleibt im Kreislauf ihrer Grenzen. Wodurch sie jedoch, global betrachtet, von Wichtigkeit sein können, das ist ihr Einfluß auf das Klima durch Verdunstungseffekte sowie auf die regionale Albedo. Der Abtransport von Nährstoffen und das Versiegen tropischer Flüsse sind gleichfalls ein Glied in dieser wechselseitigen Verknüpfung und zugleich von globaler Bedeutung.

Sollte die Stärke der Verdunstung der Tropenwälder oder der Stofftransport durch die Flüsse in den Ozean für die Aufrechterhaltung der gegenwärtigen Homöostasie von vitaler Bedeutung sein, dann würde eine Umwandlung dieser Gebiete in Ackerland und Wiesen nicht nur den gegenwärtigen Bewohnern ihren Lebensraum streitig machen, vielmehr könnte eine solche Maßnahme sehr wohl auch eine Bedrohung des restlichen Systems bedeuten. Bislang wissen wir noch nicht mit Sicherheit, ob die tropischen Regenwälder für die gegenwärtige Ökologie unseres Planeten lebenswichtig sind. Vielleicht verhält es sich so wie bei den Wäldern der gemäßigten Zonen, die anscheinend vernichtet werden konnten, ohne das System als Ganzes ernstlich zu gefährden; schließlich haben diese Wälder während der Eiszeiten, aber auch infolge der späteren Erweiterungen der landwirtschaftlichen Nutzflächen erhebliche Schäden erlitten.

In der Geophysiologie befinden wir uns noch sehr stark in der protowissenschaftlichen Phase der Informationsbeschaffung. Es sieht aber so aus, als wäre der traditionelle Ansatz der Ökologen, ein Waldsystem isoliert zu betrachten, genauso wichtig für unser Verständnis wie das Begreifen seiner Einbindung in das Gesamtsystem. Sollte sich herausstellen, daß die Gaia-Theorie eine zutreffende Beschreibung des Wirkungsgefüges der Erde liefert, dann haben wir ganz sicherlich für Diagnose und Behandlung der globalen Malaisen die falschen Spezialisten konsultiert. Wir brauchen Antworten auf Fragen wie die folgenden: Wie stabil ist das gegenwärtige System? Wodurch wird es gestört werden? Können die Folgen dieser Störung beseitigt werden? Lassen sich das Klima der Welt und die Zusammensetzung der Atmosphäre in dem gegenwärtigen Zustand aufrecht erhalten, ohne daß man die tropischen Feuchtgebiete in ihrem heutigen Zustand beläßt? Alles dieses sind Fragen, die zu dem Bereich der Geophysiologie gehören.

Aus dem Amerikanischen von Herbert Spengler

Anmerkungen des Übersetzers

1 Gaia ist die aus dem Griechischen stammende Bezeichnung für Gē = Erde.
2 Das Redox-Potential ist die elektrische Spannung, die sich bei einer im chemischen Gleichgewicht befindlichen Mischung aus reduzierenden und oxidierenden Substanzen gegen eine sogenannte Normal-Wasserstoffelektrode einstellt. Man denke in diesem Zusammenhang an »saure« oder »basische« Böden.
3 Unter Homöostase versteht man die Aufrechterhaltung des Zustandes eines Systems unter wechselnden Bedingungen, z. B. der Körpertemperatur eines Warmblüters bei hoher und niedriger Außentemperatur.

Literatur

Carter, R. N. und Prince, S. D., 1981: »Epidemiological models used to explain biogeographical distribution limits«, *Nature* 293, S. 644–645.

Dickinson, R. E., 1986: »Impact of human activities on climate«, in: W. C. Clark und R. E. Munn, Hg., *Sustainable Development of the Biosphere*, Cambridge University Press, London.

Henderson-Sellers, A. und Hughes, N. A., 1984, in: A. Henderson-Sellers, Hg., *Satellite Sensing of a Cloudy Atmosphere*, Taylor and Francis, London.

Hitchcock, D. R. und Lovelock, J. E., 1967: »Life detection by atmospheric analysis«, *Icarus* 7, S. 149–159, 1986.

Lovelock, J. E. und Margulis, M., 1974: »Atmospheric homeostasis by and for the biosphere«, *Tellus* 26, S. 1–10.

Lovelock, J. E. und Watson, A. J., 1982: »The regulation of carbon dioxide and climate«, *Planet. Space Sci.* 30, S. 795–802.

Lovelock, J. E. und Whitfield, M., 1982: »Life span of the biosphere«, *Nature* 296, S. 561–563.

Vernadsky, V., 1945: »The biosphere and the noosphere«, *Amer. Sci.* 33, S. 1–12.

Walker, J. C. J., Hays, P. B. und Kasting, J. F., 1981: »A negative feedback mechanism for the long term stabilization of the earth's surface temperature«, *J. Geophys. Res.* 86, S. 9776–9782.

Watson, A. J. und Lovelock, J. E., 1983: »Biological homeostasis of the global environment: The parable of daisy world«, *Tellus.* 35B, S. 284–289.

Béla Csikós-Nagy
Sozialistische Marktwirtschaft
Paperback,
440 Seiten,
DM 68,–,
öS 480,–

Wirtschaftsreformer aus kommunistischen Staaten – wollen sie wirklich den Sozialismus abschaffen, wie die »Kapitalisten« gerne annehmen? – Einer der führenden Wirtschaftsexperten Ungarns, Béla Csikós-Nagy, zeigt, daß dies nicht so ist, und stellt das Gegenmodell eines »lebenden und wachsenden Sozialismus« vor.

Manuel Azcárate
Die Europäische Linke
Paperback,
ca. 300 Seiten,
ca. DM 39,80,–,
ca. öS 298,–
Auslieferung
April 1989

Nicht nur ein mit größter Sachkenntnis geschriebener Abriß der sozialistischen und kommunistischen Bewegung in den letzten hundert Jahren, sondern vor allem auch ein wertvoller Beitrag für die Diskussion um zukunftweisende Alternativen für die Linke in Europa. Für den Autor sind die neuen sozialen Bewegungen – in West und Ost – die Keimzellen tiefgreifender revolutionärer Veränderungen.

EUROPAVERLAG

Herausforderung dieser Zeit

Frolow, Sagladin, Schirjajew u.a.
Globale Probleme der Zivilisation
Sozialismus und Fortschritt der Menschheit
480 Seiten, 32,– DM

Thomas Metscher
Herausforderung dieser Zeit
Zur Philosophie und Literatur der Gegenwart
Vorträge und Aufsätze
220 Seiten, 22,– DM

Robert Steigerwald
Sind wir Sklaven der Natur?
Die Inanspruchnahme der Biologie durch den Konservatismus
140 Seiten, 16,– DM

In Ihrer Buchhandlung

Gesamtverzeichnis bitte anfordern bei:
Edition Marxistische Blätter
Postfach 101555, 4040 Neuss 1

Jost Auf der Maur
Basler Mitgift

Schnell gleitet der Nachtmahr vom schlafgetränkten Kissen, ein Traum verliert sich in den Windungen des Gehirns, hört auf zu sein. Flink flieht das Alpdrücken durch das angelehnte Fenster – es will etwas herein. Auf- und abschwellend dringt es in die Zimmer, noch fühlt die Nacht sich hier ganz wohl. Es zieht ins Ohr, beginnt sich festzukrallen, und als es Platz nimmt auf einem erwachenden Gedanken – ist es Geheul!

Nahezu 50 Jahre sind vergangen, seit weder zu Übungszwecken noch zum Spaß paramilitärischer Zivilschützer, sondern zur Warnung der Bevölkerung Sirenen über Basel in Betrieb gesetzt worden sind. Es ist 5.30 Uhr in der Frühe, der 1. November 1986: Was ist denn los, um diese Zeit an einem freien Samstag? Kein Donnern rollender Panzerketten, nein, aber es riecht, fremd und faul. Fenster zu! Da ist etwas weggewolkt bei der »Chemischen«. Tief drinnen scheint der Reflex zu sitzen; selbst im Halbschlaf, wie ein gut trainierter Wehrmann, federt der Basler auf die Beine und eilt zum Fenster, spürt und weiß, was zu tun ist, wenn es riecht: Fenster zu. Hat ja irgendwo etwas Wohliges an sich, denn wie sagte ein Basler Regierungsrat: »Solange es stinkt, geht es Basel gut.« Das Sirenenheulen gibt dem Wohlstandsindikator jedoch einen neuen, einen beunruhigenden Charakter. Denn in Basel weiß jedes Kind, daß die »Chemische« nie und nimmer ein »Ereignis« (Panne, Unfall, Unglück, Katastrophe) an die große Glocke hängt. Hat sie noch nie getan. Jetzt, am 1. November um 5.30 Uhr, ist Premiere.

Die Hauptproben dazu waren allerdings alle gründlich verpatzt worden. So hatte sich am 20. August 1982, ebenfalls nächtlicherweile, eine Wolke über der Pratteler Chemiefirma Rohner gebildet, aufgrund deren Toxizität eigentlich eine Alarmierung der Bevölkerung angebracht gewesen wäre. Allein, das Gas hatte sich längst ausgebreitet, als die Verantwortlichen endlich Aufschluß über die chemische Beschaffenheit der Wolke erhielten. Die Sirenen blieben stumm.

»Fenster zu!« sagten sich die Basler auch am 4. September dieses Jahres: In der Lagerhalle der Firma Sun France S. A. auf dem Sandoz-Werkgelände im

französischen Huningue entwickelte sich bei einem Großbrand eine übelriechende Rauchwolke. Die beunruhigte Bevölkerung wartete indes vergeblich auf rechtzeitige Informationen. In der Interpellation eines baselstädtischen Parlamentariers wurde die Frage gestellt, ob für Notfälle nicht ein umfassendes Alarmsystem dringend erforderlich sei. Eine Frage, die zum Ritual eines »Ereignisses« bei der Basler Chemie gehört wie der Wettsteinmarsch zur Fastnacht.

Nur vier Tage später entwich bei der Firma Ciba-Geigy hochgiftiges Bromgas. An den Werktoren des Chemieriesen ließen sich Leute ihre brennenden Augen auswaschen, und Kindergärtnerinnen holten besorgt ärztlichen Rat ein. Die Nachbarschaft wurde telefonisch dazu ermuntert, doch das gute alte Basler Rezept, nämlich die Fenster zu schließen, einmal mehr anzuwenden.

Und jetzt, an diesem dunklen Novembermorgen um 5.32 Uhr? Paul ruft an. »Radio hören«, so wie es auf den hinteren Seiten des Telefonbuches empfohlen wird. Paul weiß von einem Großfeuer bei der Sandoz Schweizerhalle. Und einer Gaswolke über Basel. Paul ist gut dran, denn er hat zwei Katzen, die er nötigenfalls in der Luft auf dem Balkon zu opfern gedenkt, bevor er selber die Nase nach draußen steckt. In Basel droht zu diesem Zeitpunkt das Telefonnetz zusammenzubrechen.

»Hier ein Hinweis der Polizei des Kantons Basel-Stadt und des Kantons Basel-Landschaft: Aufgrund eines Chemieunfalls in Schweizerhalle hat sich ein Gas freigesetzt. Die Bevölkerung wird aufgefordert, Fenster und Türen zu schließen und sich nicht ins Freie zu begeben.«

Der unbestimmte Artikel vor dem Substantiv Gas tönt bedrohlich. Auch die Erinnerung an die Worte des Basler Regierungsrates Eugen Keller zur Verwendung des Bhopal-Giftes Phosgen durch die Basler Chemie vermag nicht vollständig zu beruhigen. Er hatte damals gesagt, die Katastrophenvorsorge befinde sich auf einem hohen Stand in Basel, die wesentlichen Gefahrenpotentiale seien den Behörden bekannt, und die nötigen Sicherheitsmaßnahmen für Personal und Anwohner seien in den chemischen Betrieben getroffen. Jedenfalls beginnen einige Basler, entgegen den polizeilichen Aufforderungen, den Ausnahmezustand Basels und der Agglomerationsgemeinden zu beachten, ihre Köfferchen zu packen. Sie haben Erfahrung mit den Beteuerungen der Chemiestadt-Politiker und rasen nun durch die leeren Straßen Basels, über einsame Plätze, jagen an patrouillierenden Wagen der Hermandad vorbei, Tücher vor Mund und Nase gebunden, den Schrecken im Nacken und die Kinder im Fond. Wußten sie, daß ein paar Steinwürfe vom Brandort entfernt das Bhopal-Gift Phosgen Verwendung findet? Im Werk Schweizerhalle verbraucht die Sandoz um die 90 Tonnen

pro Jahr von diesem Gas. Nein, die Flüchtenden wissen das kaum. Sie verlassen die Stadt in Richtung Belchen oder Laufental, füllen zum Beispiel im Städtchen Laufen die Restaurants, mahnen zur Ruhe während der Durchsagen im Radio. Im Lokalfunk teilt ein Sprecher mit: »Die Wolke über Basel ist noch nicht hundertprozentig im Griff.« Wer würde das nicht glauben? Chemiestadtdeutsch. Der Präsident einer Innung hat sich gleich die Zunftkasse mit ein paar tausend Franken gegriffen, um allenfalls mit seiner Familie und seinen Bekannten ein paar Tage auswärts in einem Hotel durchzuhalten. Die Wegfahrer und Zurücklasser sind aber in der Minderheit. Die große Mehrheit der Bewohner bleibt. Hört und staunt. Riecht und spürt vielleicht zum erstenmal die so lange erfolgreich verdrängte Angst emporkriechen. Die Angst vor dem Chemie-GAU.

Es ist 5.49 Uhr. Drunten auf der Straße steht ein Mann im Mantel vor einer Bijouterieauslage. Hört und riecht wohl nichts. Fällt aber auch nicht um! Auf dem Dachboden befände sich – wie viele kokettieren an diesem Morgen mit dem Gedanken? – die Gasmaske, die von der Armee zum Zwecke effizienter Verteidigung des Landes jedem Soldaten in den Rucksack gepackt wird. Doch da es einen (noch?) nicht würgt in der Kehle, stellt man sich dieses schlagende Bild der Unsolidarität vor: Papa mit Gasmaske im Kreise seiner schweratmenden Lieben. Geht nicht. Die Stadt lebt von der Solidarität, der Solidarität gegenüber dem anderen Teil, der anderen Stadt in der Stadt. Der riesige Körper, in dem Tag und Nacht und die ganze Woche über, alle Tage im Jahre nie Ruhe einkehrt, wo in tausend Gefäßen sich Substanzen verbinden, durch das unglaubliche Geäder von Röhren und Tuben Flüssigkeiten und Gase schießen, Ventile pfeifen und Kamine ragen, dampfen, rauchen. Dieser Leib, von dem die Basler jeden Tag aufgesogen werden, in den sie eindringen wie Ameisen in die Höhlungen eines großen Tieres, dem sie Leben eingeben nach einem gewaltigen Plan, jeder an seinem Plätzchen, im Büro, im Labor, in der tosenden Fabrikhalle; dieser Leib, diese Stadt in der Stadt, verlangt Solidarität.

Und also Vertrauen, Vertrauen in das Unbekannte, denn wer kennt den großen Plan? Vertrauen in die Unbekannten, denn wer kennt sie schon, die Verwalter und Mehrer von Gewinn und Wohlstand, die Manager des Restrisikos? Weit entrückt jedem Zugriff demokratischer Instrumente, sorgen sie sich darum, daß alle Reaktionen, die chemischen, die finanziellen und die menschlichen, in den vorgesehenen Bahnen verlaufen, nicht durchgehen, sondern kontrollierbar bleiben. 36 Milliarden Franken Umsatz und zweieinhalb Milliarden Gewinn, nicht mehr faßbare Dimensionen, gebar der Riesenleib im vergangenen Jahr. Die Stadt in der Stadt erlebt goldene Zeiten (und die Aktien der Sandoz, der kleinsten der drei Großen, werden

auch nach der Katastrophe kaum Wirkung zeigen). 35 000 Menschen in und um Basel leben direkt davon, aber alle werden des Segens teilhaftig. Selbst der Staat, eine Art Gegenpol im andern Teil der Stadt. Was an Steuern an den Fiskus rinnt, wissen allerdings nur wenige, und die sagen es nicht. Denn auch das Schweigen ist Teil der Abmachung.
Vielleicht schweigen die Basler Regierungsräte zu dieser Frage aber nur deshalb, weil sie den Chemischen so unanständig viel an Steuern abgeluchst haben und sie sich, falls das ruchbar würde, mit dem Makel der Unmoral bedeckt sähen? In Basel jedenfalls ärgert sich fast niemand über diese Geheimhaltung, und die Offenlegung des Steuerregisters, mehrmals schon von forsch-links im Großen Rat gefordert, hat nicht den Hauch einer Chance. Auch darin drückt sich der Wille zur Symbiose aus, der immer wieder und bei jeder meist passenden Gelegenheit zitierten. »Ohne Chemie kann Basel nicht überleben«, heißt das Axiom, dessen Umkehrbarkeit allerdings nicht gegeben ist. Ganz deutlich wurde das vor zehn Jahren, als nach der Katastrophe von Seveso Hoffroche-Boß Jann erklärte, wenn die Bevölkerung nicht bereit sei, das Restrisiko zu tragen, werde man sich nach Standorten im Ausland umsehen. Das sitzt, das schmerzt und hat erzieherische Bedeutung.
Es ist jetzt 6.04 Uhr. Um diese Zeit müßte längst das erste Tram durch die Straße lärmen. Doch es bleibt still. In den Briefkästen stecken keine Zeitungen, und auch der Bäcker gegenüber hat kein Licht. Auto- und Eisenbahn seien unterbrochen. Lautsprecherwagen schieben sich durch die Stadt. Es ist alles wie im Kino, nur spielt man selber mit. Steht als Komparse da am Fenster und riecht das Gas, das durch die Ritzen sickert, und in der Brust wird es ein bißchen klamm. Zur selben Zeit kämpfen in Schweizerhalle 160 Feuerwehrmänner gegen die letzte Hitze in der ausgebrannten Halle. Die Explosionen der berstenden Fässer, in denen insgesamt mehrere hundert Tonnen Material lagerten, unter anderem die den Atem lähmende Phosphorestersäure, sind abgelöst worden durch das Zischen der abkühlenden Trümmer. Ebenfalls gleichzeitig versuchen sich Abertausende von Lebewesen im Rhein vor den mit Insektengiften und Quecksilber kontaminierten Löschwassern in Sicherheit zu bringen. Nur wenige aber erreichen die rettenden Mündungsgebiete zufließender Bäche. Der Rhein auf der Höhe Basels stirbt. Abfischversuche mit Elektrogeräten zum Zwecke einer Bestandsaufnahme bleiben 48 Stunden nach der Katastrophe erfolglos. Würmer und Larven finden sich keine mehr.
Dabei hatte sich in Basel eben zaghaft ein neues Rhein-Bewußtsein zu regen begonnen. Mit der längst überfälligen Fertigstellung der Abwässerklärung ist das schlechte Gewissen kleiner geworden. Und ist die Grundbelastung

des Rheins noch zu hoch und liegen auch die Werte der Chemie-ARA noch beträchtlich über den Toleranzgrenzen: Schwimmen im Rhein geriet sommers zum gesellschaftlichen Anlaß. Und einige wagten sich wieder an Fisch »frisch aus dem Bach«. Dieses Rhein-Gefühl wurde zusätzlich durch die Hoffnung kultiviert, einmal ausgesetzte Lachse fänden den Weg zurück nach Basel. Einen laichbeladenen Lachs nur hätte es noch gebraucht, und die Basler wären endgültig überzeugt davon gewesen, ihre Chemie sei sanft oder belaste wenigstens den Rhein kaum mehr. In der Nacht auf den 1. November trieben nicht nur die erstickten und verätzten Fische in die Rechen von Kembs. Eine Hoffnung ging baden.

Es ist jetzt 6.32 Uhr. Zögernd setzt die Dämmerung ein. Die Ungewißheit über die Giftigkeit der Wolke hält an. Schulkinder und Postboten, Bahnpersonal und Warenhausangestellte dürfen zu Hause bleiben. Der Ausnahmezustand hindert die Stadt am Erwachen. Derweil machen sich Gewinnler daran, aus der Situation Kapital zu schlagen. Stramme Zivilschützer und progressive Politiker formulieren alte Forderungen neu. Rauch- und Brandmelder-Fabrikanten rechnen ihre Kalkulationen durch, denn Brandmelder – dies eine der ganz wenigen zu erwartenden Konsequenzen aus der Brandkatastrophe – werden zahlreich in Basler und Baselbieter Lagerhäusern angebracht werden. Und schließlich versucht sich der Landschäftler Regierungsrat Werner Spitteler mit der Empfehlung zu profilieren, man müsse die Abgabe von Gasmasken an die gesamte Bevölkerung prüfen. Spätestens an dieser Frage wird sich zeigen, wie militant die Basler Chemiestädter sind. Sagen sie ja zur Maske, hat die innere Zerrissenheit, die das Leben in einer geteilten Stadt mit sich bringt, ein Ende. Dann hat die Stadt in der Stadt, die Chemie in Basel, die Herzen der Bewohner endgültig für sich gewonnen.

Inzwischen ist es 7 Uhr geworden. Das Tram fährt wieder. Der Bäcker gegenüber hat nun Licht, und die Gefahr, sagt der Radiosprecher, sei vorüber. Man habe ohnehin nur vorsorglich alarmiert. War das alles?

Die feine Nase

Schon seit Jahren war er in der Wissenschaft der »feinen Nase« geübt; er war der Meinung, daß der Geruch die gleichen Genüsse verschaffen könne wie das Gehör und das Gesicht, indem jeder Sinn durch natürliche Begabung und sorgsame Übung empfindlich genug wäre, neue Eindrücke aufzunehmen, sie zu verzehnfachen, zu koordinieren und die Gesamtheit daraus zu bilden, die ein Werk ausmacht (...)

Des Esseintes studierte und analysierte die Seele dieser Fluida, machte die Exegese dieser Texte; er gefiel sich zu seiner eigenen Befriedigung darin, die Rolle eines Psychologen zu spielen, den Mechanismus eines Werkes auseinanderzunehmen und wieder zusammenzusetzen, die Stücke abzuschrauben, welche die Struktur eines komponierten Dufthauches bilden; bei dieser Übung hatte sein Geruchsinn die fast unfehlbare Sicherheit eines Prüfsteins erlangt. (...)

Mit seinen Zerstäubern verspritzte er im Zimmer eine Essenz aus Ambrosia, Micham-Lavendel, Wicke und »Bouquet«, eine Essenz, die, von einem Künstler destilliert, ihren Namen wirklich verdient: »Extrait de Pré fleuri«; in diese »Blühende Wiese« führte er dann eine bestimmte Mischung von Tuberose, Orangenblüten und Mandel ein, und schon entstand künstlicher Flieder, während der Wind leise die Linden bewegte, die ihren zarten Duft ausströmten, den englischer Tiliaextrakt vortäuschte.

Nachdem er diesen Rahmen in wenigen großen Linien geschaffen hatte, die sich hinter seinen geschlossenen Augen ins Unendliche verliefen, zerstäubte er einen leichten Regen menschlicher und gleichsam katzenartiger Essenzen, die nach Röcken dufteten und gepuderte und geschminkte Frauen ahnen ließen: Stephanotis, Ayapana, Opopanax, Chypre, Champaka und Sarcanthus; dazu tat er noch eine Spur Myrte, um dem künstlichen Geruch der Schminke, der so entstand, noch die natürliche Blume heißen Lachens und unter strahlender Sonne entfesselter Freuden zu verleihen.

Dann ließ er durch einen Ventilator diese Duftwogen sich entfernen, behielt nur die Landschaft bei, erneuerte sie und verstärkte die Dosis, damit sie wiederkehre in seinen Strophen wie ein Kehrreim.

Die Frauen waren allmählich verschwunden, die Landschaft war nun kahl; da wuchsen am verzauberten Horizonte Fabriken, aus deren Schornsteinen Flammen leckten wie aus Punschbowlen.

Eine schwache Brise, die er mit Fächern anfachte, brachte einen starken Geruch von Fabriken, von chemischen Produkten, während die Natur selbst in dieser verpesteten Luft noch ihre süßen Düfte ausströmte. (...)

Joris Karl Huysmans: À rebours (1884); Üb. Hans Jakob

Thomas Kluge / Engelbert Schramm
Vom Himmel hoch
Eine Geschichte der TA Luft

Die rauchenden Schlote, Kennzeichen der Industrialisierung, wurden früher nicht nur verklärt; so sah 1842 der Drogist William Howitt in den Emissionen der Fabriken Geister: »Überall, wo sich die hohen Maschinenhäuser erhoben, stiegen zwei Dunstsäulen hoch in die Luft, eine schwarze Rauchsäule und weiße Dampfsäule. Diese Säulenpaare neigten sich schräg im Wind wie Ossians Geister und flatterten gespenstisch in der Luft, jedes wie ein schwarzer Teufel, der einen bleichen Geist in Gewahrsam hat und zu gewaltiger Arbeit zwingt.«[1]

Bereits um 1850 bedeutete die Thematisierung von Luftverschmutzungen nicht mehr länger, daß man, wie in früheren Jahrhunderten, auf Alltagserfahrungen und andere, wissenschaftlich unbeweisbare Mutmaßungen zurückgreifen mußte. Denn Chemiker konnten die Verschmutzung der Atmosphäre bereits umweltanalytisch erfassen. Insbesondere ein Liebig-Schüler, Angus Smith, versuchte die Luft in der Keimzelle des englischen Kapitalismus auf industrielle Schadgase zu untersuchen. Allerdings war er noch zu analytischen Umwegen gezwungen; er kam auf die Idee, »den Regen zu untersuchen. Alle Regenproben enthielten proportional ihrer Nähe zur Stadt Schwefelsäure, und zugleich mit dem Anstieg der Säure einen Anstieg von organischen Stoffen.« Smith hat angesichts dieser Resultate in Manchester 1852 den Begriff vom Sauren Regen geprägt. »Ich beabsichtige nicht festzustellen, daß jeder Regen sauer ist – häufig enthält er so viel Ammoniak, daß damit die Azidität überwunden wird«; er vermutete vielmehr, daß die städtische Atmosphäre säuregeschwängert war. Darauf führte Smith auch beobachtete Schädigungen zurück: das Ausbleichen von Drucksachen und Textilien, das Rosten von Metallen und das Verrotten von Fensterklappen. Auch Gebäudeschäden rührten seiner Meinung nach von der Versauerung der Luft.[2]

Smith ließ sich jedoch zunächst nicht über die längst vermuteten bzw. bekannten Verursacher des Sauren Regens aus: die schwefelhaltige Kohle, mit der Dampfmaschinen und Öfen in Gang gehalten wurden, ebenso wie saure Emissionen aus chemischen Fabriken und Metallhütten. Zwischen für

die Textilindustrie wichtigen Sodafabriken, Schrittmachern der Großchemie, und ihren Anwohnern kam es seit Beginn der Industrialisierung immer wieder zu Konflikten. Die Fabrikanten ließen das beim LeBlanc-Prozeß entstehende Salzsäure-Gas einfach durch den Schornstein in die städtische Luft verblasen; häufig wurden sie wegen Verätzungen auf Schadensersatz verklagt. Die Fabrikanten selber setzten auf die Gewöhnung an diesen Zustand, wie Fontanes Schilderung der Blausäure emittierenden Fabrikantenfamilie Treibel es nahelegt: für diese hatte die Nachbarschaft zur eigenen »Fabrik, wenn der Wind ungünstig stand, freilich auch allerlei Mißliches im Geleite; Nordwind aber, der den Qualm herantrieb, war notorisch selten, und man brauchte ja die Gesellschaften nicht gerade bei Nordwind zu geben«.[3]

Problemverlagerung durch Nachsorge

Tatsächlich konnte sich diese Mentalität in den deutschen Kleinstaaten weitaus länger als in Nachbarländern halten. Die Augen wurden zugedrückt, um im Namen der Gewerbefreiheit die Industrialisierung nicht zu gefährden; wie in anderen europäischen Ländern sollte – koste es, was es wolle – eine Industriegesellschaft aufgebaut werden. In Frankreich dagegen sahen seit 1806 napoleonische Edikte vor, gefährliche Betriebe – wie Blaufarben- oder Sodafabriken – aus den Städten auf die grüne Wiese zu verlagern. Nach einigen Jahrzehnten wurde allerdings deutlich, daß eine derartige raumordnerische Lösung alleine nicht wirkungsvoll sein konnte; denn die Konflikte verschärften sich wieder.

In den deutschen Staaten bot die Gewerbeordnung eine begrenzte Möglichkeit zum Nachbarschaftsschutz, da mit ihr an das Betreiben einer Anlage bestimmte Bedingungen, auch zur Zurückhaltung von Abluft, geknüpft werden konnten. Sofern sich Anwohner vor der Errichtung einer Fabrik über deren ökologische Auswirkungen kundig gemacht hatten und während der Konzessionsphase Einspruch einlegten, konnten sie auch selbst ihre Interessen einbringen. Die Emissionsfreiheit des Betreibers wurde aber mit dieser Form der Konfliktregelung grundsätzlich gerade bestätigt. Die rechtliche Festschreibung mit Hilfe der Gewerbeordnung bedeutete eine Bestandssicherung für die Betreiber; denn mit staatlichen Konzessionen genehmigten die Behörden den Fabrikbetrieb und bestimmte Emissionshöhen.

Zwar wurde im Sinne einer Gefahrenabwehr versucht, die schädlichen Einwirkungen des Betriebes für die Nachbarschaft möglichst gering zu halten; doch für einmal konzessionierte Anlagen konnten die Gewerbebehörden

des Staates die Erlaubnis nicht widerrufen – auch dann nicht, wenn sich zeigte, daß Naturhaushalt und Anwohner erheblich unter dem Rauch zu leiden hatten. Selbst wenn im gesellschaftlichen Bewußtsein die alten Anlagenteile als Dreckschleudern bewertet wurden, konnte der Staat schärfere Auflagen nur bei Neuanlagen machen.

Auch hier wurde zunächst nicht einheitlich verfahren. Je nach Wissen und politischer Einstellung der Gewerbeaufsichtsbeamten und Kommunen fielen die Emissionsauflagen in den Konzessionen sehr unterschiedlich aus. Erst als in Großbritannien die Lords 1863 mit einem Gesetz Grenzwerte für die Sodafabrikation festlegten – ein fauler Kompromiß mit dem Unterhaus, denn immer noch durfte die Abluft der Fabriken 5 Prozent Salzsäure enthalten –, überlegte die preußische Verwaltung, diese Regelung zu übernehmen; zuvor kam es jedoch zu einer freiwilligen Emissionsbegrenzung der deutschen Großchemie. Es hatte sich allerdings gerade die Marktlage geändert: Die nebenbei entstehende Salzsäure ließ sich nun (zu Chlorkalk verarbeitet) gut verkaufen. Dieser Einstieg in die Chlorchemie bedeutete, daß Abfallprodukte wie die Salzsäure nicht mehr einfach in Flüsse oder Kanäle geleitet wurden, wie das in Großbritannien zunächst vorkam; weil sich dort die gesetzlich festgelegten Grenzwerte auf eine Einleitung in die Luft beschränkten, konnte eine ›Entsorgung‹ über den Wasserpfad erfolgen, wodurch es sogar zur Korrosion von Schiffen und Schleusen kam.[4]

An die Stelle dieser auffälligen und anstößigen ›Entsorgung‹ trat nun eine scheinbare Nutzbarmachung; diese war aber häufig nichts weiter als die Verlagerung des Stoffes in ein anderes Umweltmedium – wenn z. B. Spiel- und Sportplätze mit der Aachener ›Rothe Erde‹, einer schwermetallhaltigen Hochofenschlacke aus der Eisenproduktion, belegt wurden.

In Deutschland wurde im wesentlichen in der Nähe von Metallhütten um Immissionsschäden gestritten – in der Gegend um Aachen ebenso wie in Letmathe oder Essen-Borbeck, bei Kattowitz ebenso wie im sächsischen Freiberg. Ein Chemiker erinnerte sich noch Jahrzehnte später an die Schädigungen bei den Freiberger Silberhütten um 1860: »Das Bild, das sich mir von ihnen einprägte, verschmolz später mit der Vorstellung des Danteschen Inferno: die Hütten tief in einem verbrannten Talkessel gelegen, kein grünender Halm weitum, die Dächer überzogen vom Niederschlag des Giftrauches, – kurz das Ganze ein Ort des Grauens.«[5]

Insbesondere die Auswirkungen dieses Hüttenrauchs auf Pflanze, Mensch und Tier wurden von Chemikern und Botanikern immer wieder untersucht. Die meisten Wissenschaftler stellten den von den Gerichten geforderten monokausalen Schadensnachweis keineswegs in Frage, sondern versuchten, einen einzigen Schadstoff und einen einzigen Schädigungsweg zu

finden. Die Gutachter konzentrierten sich daher brav darauf, für ganz unterschiedliche Schadstoffe Ursache-Wirkungsbeziehungen herauszufinden, wie dies auch durch die haftungsrechtlichen Zuschreibungsregeln des Civil-Rechts vorgegeben war. Synergistische Kombinationswirkungen (z. B. von Schwefeldioxid und Bleistaub) oder das Zusammenspiel von verschiedenen Eintragswegen in die Organismen paßten zumeist nicht ins Weltbild. So blieb der Expertenstreit, beispielsweise darüber, ob Schwefeldioxid nur über das Blatt aufgenommen werde oder ob Versauerungseffekte bei einer auch zu berücksichtigenden Aufnahme über Boden und Wurzeln ebenfalls zu Schäden in den Waldbäumen führen könnten, letztlich unfruchtbar, weil die Mehrheit der Wissenschaftler nicht in der Lage war, Hinweise auf die Komplexität ernst zu nehmen.

Die Uneinigkeit der Gutachter wurde nicht nur in jenen Zivilprozessen ausgenutzt, wo Waldbesitzer oder Landwirte wegen erheblicher Schäden an der Vegetation einen Ersatz von den naheliegenden Fabriken erstreiten wollten[6]; mit mangelndem Wissen der Wirkungsforschung argumentierten die Techniker häufig auch, wenn sie keine Abhilfe gegen die Luftverschmutzung schaffen wollten.

Die am Ideal der Exaktheit orientierte Ursachendiskussion konnte damit von den wirklichen Problemen ablenken, auch davon, daß sich eine Produktionsumgestaltung nicht über die Gewerbeordnung ›anleiern‹ läßt. Denn mit der Konzessionsgenehmigung konnte der Staat lediglich vorschreiben, daß nachsorgende Techniken an die vom ›freien Unternehmer‹ gewählte Produktionsanlage angehängt werden, um so die Emissionen einzudämmen. Ein von den Gewerbeaufsichtsbeamten empfohlenes Verfahren ähnelte bereits der Rauchgaswäsche. Techniker aber meinten, dieses Verfahren sei »für die Beseitigung des Hütten- und Steinkohlenrauches in großen Industriebezirken« viel zu teuer. »Belästigen oder schädigen geringe Mengen schwefliger Säure in Städten, in Gärten, auch ausnahmsweise in andern speciellen Fällen, so kann die Kalk-Absorption gewiß vortheilhafte Verwendung finden.«[7]

Beliebter war daher bei fortschrittlichen Unternehmern die Möglichkeit, kurz vor dem Schornstein noch einmal den Rauch zu verwertbaren Produkten aufzuarbeiten und so an den Abfällen zu profitieren. So wie die anfallende Salzsäure zur Chlorchemie führte, versuchten nun auch die Hüttenchemiker, in Freiberg wie andernorts, neue Produktionsbäume wachsen zu lassen, um die Emissionen des Hüttenbetriebs unschädlich zu machen. Soweit es ihnen wirtschaftlich vertretbar schien, verringerten sie jene Schadstoffe, die in den Gutachten der Wirkungsforscher besonders moniert wurden. Sie sahen im Schwefeldioxid den wesentlichen Bestandteil im ›Hütten-

rauch‹, durch den die Imissionsschäden beim Vieh und an der landwirtschaftlichen Vegetation verursacht würden; die schwermetallhaltigen Stäube, die von den Halden freigeweht werden und die Gesundheit der Anwohner z. B. bei Goslar bis heute untergraben, wurden dagegen (solange sie nicht verwertbar waren) zur zweitrangigen Ursache erklärt.
Das umwelttechnische Modell hatte scheinbar Erfolg: Die Abgase, die beim Abrösten der schwefelhaltigen Erze entstanden, wurden nun zum Teil in Bleikammern zu Schwefelsäure verarbeitet; auch das Kontaktverfahren zur katalytischen Herstellung der Schwefelsäure wurde zuerst an den vom sog. Hüttenrauch besonders betroffenen Standorten Freiberg und Stolberg erprobt, bevor die Großchemie es perfektionierte. Mit neuen, elektrostatischen Entstaubungstechniken war es im 20. Jahrhundert möglich, aus der Flugasche der Metallhütten (ähnlich auch aus der Abluft von Chemie- oder Zementfabriken) neue Rohstoffe in großen Mengen zu gewinnen. Ingenieure begeisterten sich seit den Weimarer Jahren für die Aufgabe der Entstaubung zur Rückgewinnung von Stoffen und gründeten einen eigenen Fachausschuß für Staubtechnik; diese Tätigkeit wurde von den NS-Autarkiepolitikern hochgejubelt: »Überall ein bienenfleißiges Bemühen, Rohstoff aus unbeachteten Werten zu gewinnen.«[8]
Tatsächlich wurde aber die Produktion nicht umgestaltet. Filter und andere Anlagen baute die Industrie nur dann in die Abluftkanäle ein, wenn sie sich ökonomisch rechneten (oder – selten genug – durch starken politischen Druck bei der Konzession festgeschrieben wurden). Was sich nicht verwerten ließ, wurde durch höhere Schornsteine in die Biosphäre geblasen und so mit dem Wind in weitem Umkreis verstreut. Diese Hochschornsteinpolitik wurde zunächst (wegen der Baukosten) nur zögerlich akzeptiert; selbst bessere Verwirbelungseinrichtungen konnten sich nicht durchsetzen. Resigniert hielt ein Erfinder funktionierender Technologien nach dem Ersten Weltkrieg fest: »Schade, daß so wenig Aussichten bestehen, während ich ganz überzeugt bin, daß man später wieder auf die Sache zurückkehren wird, weil es eben gar keine anderen Mittel zur Verhütung der gewöhnlichen Rauchschäden durch Kohlenfeuerungsgase gibt und die Regierungen später doch gezwungen sind, für den Schutz der Wälder usw. mehr zu tun als bisher. Aber das wird in dem nicht weiter aufblühenden, vielleicht zurückgehenden Deutschland weniger geschehen, als im Ausland.«[9]

Die in der Wirkungsforschung erprobte Sektorierung des Blicks wurde nicht nur von den Betrieben ausgenutzt, sondern auch in die frühe Luftreinhalte-Politik übernommen. Orientiert am Einzelstoff versuchten die Behörden, die industrielle Luftverschmutzung in den Griff zu bekommen. Dringlich erschien die Smog-Bekämpfung. Durch die Konzentration auf die Probleme der Stadtbewohner konnten die schwerwiegenden Emissionen im Bereich der Hüttenindustrie und der Großchemie ausgeklammert werden. Die Bekämpfung der städtischen ›Rauchplage‹ schien im Prinzip mit einfachen Lösungen möglich, über die enthusiastisch berichtet wurde: »Es wird mir ein unvergeßlicher Eindruck bleiben, wie ich an einem sonnigen Septembertage vom Dache eines Wolkenkratzers über New York hinblickte und diese Stätte konzentriertester Arbeit völlig ohne Rauch unter mir sah. Zahlreiche weiße Wölkchen bezeichneten die Auspuffrohre von Dampfmaschinen und ließen erkennen, daß nicht gefeiert wurde, aber nirgends sah man darüber die schwarzen Rauchfahnen flattern, die überall in Europa dieses Bild getrübt hätten. Das Geheimnis war, daß im Staate New York nur die Feuerung mit Anthrazit zulässig ist, der bekanntlich ziemlich rußfrei brennt. Dies radikale Mittel ist dort anwendbar, weil durch die Gunst der natürlichen Umstände die billigste Beschaffung der kohlenstoffreichen Kohle möglich ist, – für europäische Verhältnisse kann es nicht in Frage kommen.«[10] Geschickt gab der Einkäufer für schlechtere Kohlenqualitäten den schwarzen Peter an die Heizer weiter, die die übermäßige Rußbildung an den Dampfmaschinen verursachten; ihre bessere Ausbildung sei dringend nötig.

Nur wo die Kohle sehr schwefelhaltig war und folglich hohe Schwefeldioxid-Konzentrationen offenkundig zu Smogtoten führten, bemühten sich Ingenieure verstärkt um die Ausnutzung anderer Energiequellen; in Bayern, dessen eigene Steinkohlenvorkommen besonders viel Schwefel enthielten, propagierte Oskar von Miller daher eine frühe Elektrifizierung durch die Ausnutzung der Wasserkraft. Spätestens seit der Weltwirtschaftskrise Ende der zwanziger Jahre aber waren Kohlekraftwerke auf dem Vormarsch.[11] Die nationalsozialistische Vorbereitung des Angriffskriegs führte zusätzlich in weiten Bereichen der Industrieproduktion zu einer Aushebelung der wenigen durchgesetzten Umweltschutzbestimmungen.

Deshalb war in der Phase des sog. Wiederaufbaus keine wirkliche Verbesserung gegenüber der Weimarer Republik zu bemerken. So quoll beispielsweise der schon früher in den Stahlrevieren beklagte ›braune Rauch‹ mit neuer Kraft aus den Thomas-Birnen der Hüttenwerke. Allein auf Nord-

rhein-Westfalen rieselten jährlich fast 600 000 Tonnen Staub herab. Seit dem Ende der fünfziger Jahre kam es zu heftigen Protesten der Bevölkerung. Mitten im Ruhrgebiet bildete sich eine Bürgerinitiative, an deren Spitze Mediziner standen. Der *Bund der Industrie* behauptete, daß diese Angriffe »polemisch« seien. Die »an einzelnen Stellen nicht immer befriedigenden Luftverhältnisse« seien auf den Hausbrand und den steigenden Autoverkehr zurückzuführen. Die Industrie dagegen habe ihr Möglichstes geleistet: »Trotz der Ausweitung ihrer Produktion haben die Industrie und die Energiewirtschaft ihre Staub- und Gasausscheidungen in den letzten 30 Jahren insgesamt gesehen erheblich verringern können.«[12]

Die Politik konzentrierte sich zunächst auf die Verbesserung und Erweiterung des Nachbarschaftsschutzes in der alten Gewerbeordnung; an der fehlenden Gesetzgebungskompetenz des Bundes scheiterten die Versuche einer umfassenderen Regelung des Luft-Immissionsschutzrechts. Die Sozialdemokraten verlangten zusätzlich eine gezielte Wirkungsforschung und eine ›Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft‹. Als diese Vorstellungen im Bund nicht berücksichtigt wurden, versuchte die SPD die Luftreinhaltung als politisches Thema aufzubauen; 1961 klagte Willy Brandt, zur Belustigung der CDU, den ›Blauen Himmel über der Ruhr‹ ein. Nordrhein-Westfalen wurde mit einer Immissionsforschungsanstalt und einem neuen Luftreinhaltungsgesetz zum sozialdemokratischen Vorzeigeland. Auch die sozialdemokratischen Forderungen bewegten sich innerhalb der klassischen Gewerberechtsformen – als ob es keine Gründe gegeben hätte, an ihrem Funktionieren zu zweifeln; auch diese scheinbar oppositionelle Politik beruhte auf dem herrschenden Sachverstand.

Denn die Ingenieure und Immissionsschadensforscher hatten sich zu einer wirksamen Lobby zusammengeschlossen, bevor das Thema Luftverschmutzung in der ›Wirtschaftswunder‹-Zeit politikfähig wurde: »Die Industrie und die Energiewirtschaft sowie ihre Verbände und Selbstverwaltungseinrichtungen (sic) traf diese neue Situation keineswegs unvorbereitet. Schließlich hatte die VDI-Fachgruppe ›Staubtechnik‹ bereits 1948 ihre Arbeit wieder aufgenommen, und noch bevor die Parlamente mit dem Thema beschäftigt wurden, legten im April 1955 die Vereinigung der Großkesselbesitzer und die Vereinigung der Technischen Überwachungsvereine gemeinsam den ersten umfassenden Bericht über die Luftverunreinigung durch Rauchgase aus Dampfkesselanlagen vor.«[13] Diese Lobby übergab schon 1955 der *Interparlamentarischen Arbeitsgemeinschaft* einen Bericht mit Vorschlägen, wie die Luftverunreinigung geregelt werden könnte.

Die 1957 auf Empfehlung der Parlamentarier entstandene DIV-Kommission zur *Reinhaltung der Luft* wird häufig als erfolgreiches und »erneue-

rungsfreudiges« Unterfangen bewertet, das Industrievertreter und Wissenschaftler aus unterschiedlichen Disziplinen selbstregulativ Lösungsvorschläge erarbeiten lasse. Folgerichtig entmachtete sich der Bundestag selber und gestand den in dieser Kommission erörterten Grenzwerte- und Emissionsvorschriften etwas Ähnliches wie einen Verordnungs- und Gesetzesrang zu; die Mauschelei der Experten wurde als »privatrechtliche Tätigkeit zur Staatsentlastung« gelobt.[13a]

Das Paradox der Vorsorge

Bundesumweltminister Töpfer hat folgende Auffassung von Technikpolitik: »Von Politikern sind Entscheidungen vielfach auch schon dann verlangt, wo die Wissenschaft noch keine letzte Klarheit, etwa über Kausalketten, gewonnen hat. Er ist zur Risikovorsorge verpflichtet, d. h. er muß die Risiken für Mensch und Umwelt entsprechend dem Fortschreiten wissenschaftlicher Erkenntnis und technischer Entwicklung so gering wie möglich halten ... Oberstes Ziel all unserer weiteren Bemühungen muß es sein, daß Umweltschutz nicht erst dort ansetzt, wo der Produktions- und Konsumprozeß zu Ende ist. Wir wollen vielmehr den sogenannten integrierten Umweltschutz, der Umweltschonung schon an den Anfang setzt und nicht an das Ende wirtschaftlichen Handelns stellt.«[14]
Bei oberflächlicher Betrachtung scheint es, daß im Luftbereich eine Abkehr von der nachsorgenden Politik erreicht wurde und der Gesetzgeber einige der von Töpfer angesprochenen Zielsetzungen bereits verwirklicht hat. Die sogenannte Luftreinhaltpolitik ist in der Bundesrepublik unterfüttert vom Bundesimmissionsschutzgesetz und einer Vielzahl von Rechtsverordnungen unterhalb des Gesetzesranges wie der Großfeuerungsanlagenverordnung sowie technischen Regelwerken, z. B. der Technischen Anleitung Luft (TA Luft). Das bundesdeutsche Regelwerk zur Reinhaltung der Luft gilt unter Fachleuten als das umfangreichste der Welt; sein komplexer Aufbau steht aber in merkwürdigem Gegensatz zu seinen Erfolgen.[15]
Mit der 1983 novellierten TA Luft und ebenso der Großfeuerungsanlagenverordnung – in denen »politische Konsequenzen« aus den bisherigen Versuchen der umfangreichen Regelung zur Reinhaltung der Luft gezogen werden – »reagierte die Immissionsschutzpolitik sowohl auf die sich dramatisch zuspitzende Umweltzerstörung im Bereich der ›neuen Waldschäden‹ als auch auf die Entwicklung der politischen und rechtlichen Formen der Konfliktbearbeitung«.[16]
Die bundeseinheitliche Verwaltungsvorschrift TA Luft konkretisiert, was unter ›Stand der Technik‹, unter den größtmöglichen Emissionen (also dem

anlagenbezogenen Output) und den (auf die Fläche bezogenen) Immissionen zu verstehen ist. Die TA Luft baut nicht mehr, wie noch ihre Vorgängerin von 1964, auf der Gewerbeordnung auf, sondern hat ihre Rechtsgrundlage im Bundesimmissionsschutzgesetz, dem »Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen, der Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnlicher Vorgänge«. Anstelle der in § 1 der Gewerbeordnung betonten Gewerbefreiheit also nun ein umfassender Schutz?
Die gewerberechtlichen Luftreinhalteregelungen wurden erst im Jahre 1974 durch das Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG) abgelöst. Nunmehr konnten auch Betroffene (jenseits eines eng begrenzten Nachbarschaftsschutzes) an den bislang nur durch die Gerichte entwickelten Rechtsgrundsätzen, »einen Immissionsschutz ›nach dem Stand der Technik‹ und im Rahmen des ›wirtschaftlich Vertretbaren‹ oder Schadensersatz zu verlangen«, teilhaben.[17] Dieses Gesetz soll dazu dienen, Gefahren abzuwehren und dem Entstehen schädlicher Umwelteinwirkungen *vorzubeugen* (§ 1). Nach dem BImSchG wird also unterschieden zwischen dem Schutzprinzip (Gefahrenabwehr) und dem Vorsorgeprinzip (Risikovorsorge). Dieser Vorsorgegedanke scheint tatsächlich über die historische gewerberechtliche Nachsorgepolitik hinauszugehen. Beispielsweise heißt es in § 5:
»Genehmigungsbedürftige Anlagen sind so zu errichten, daß
1) schädliche Umwelteinwirkungen und sonstige Gefahren ... für die Allgemeinheit nicht hervorgerufen werden können,
2) Vorsorge gegen schädliche Umwelteinwirkungen getroffen wird, insbesondere durch die dem Stand der Technik entsprechenden Maßnahmen zur Immissionsbegrenzung und
3) die beim Betrieb der Anlagen entstehenden Reststoffe ordnungsgemäß und schadlos verwertet oder ... beseitigt werden.«
Die Besonderheit der an der Vorsorge orientierten, aktuellen Luftreinhaltepolitik besteht darin, daß den Großkraftwerken und weiteren großen stationären Luftverschmutzern, den sogenannten Großfeuerungsanlagen, durchaus mit der Trias BImSchG, Großfeuerungsanlagenverordnung und TA Luft zu Leibe gerückt wird. Zwar haben die Betreiber zunächst gerade die alten Anlagen auf Hochtouren gefahren, um möglichst hohe Amortisationsraten zu produzieren, doch dieses legale Luftverschmutzen fand dank der Großfeuerungsanlagenverordnung auch ein Ende. Denn dort wurden jenseits der bisherigen Konzessionspraxis neue Emissions-Grenzwerte – auch für die Altanlagen – festgeschrieben; sie liegen im Niveau weit niedriger als frühere Grenzwerte der TA Luft.
Bereits die TA Luft von 1974 (3.1.1.4) enthielt die Kann-Regelung: »Emissionen an SO_2 sind soweit als möglich zu begrenzen ... (Bei Abgasen läßt

sich eine Entschwefelung von 80% erreichen).« Erst mit der Debatte über das Waldsterben wurde die Realisierung der in der TA erwähnten Auffassung durch die Großfeuerungsanlagenverordnung (§ 6.1) angegangen: Die alte Vorgabe wird hier durch eine Kombination von Emissionsgrenzwertbestimmung, Brennstoffgüten etc. präzisiert. Die rechtlich unverbindliche TA Luft-Formulierung von 1974 erlaubte es den Kraftwerksbetreibern, die Möglichkeiten der Rauchgasreinigung technologisch zu leugnen.
Dabei waren in der Bundesrepublik bereits seit den frühen fünfziger Jahren verschiedene erfolgversprechende Verfahren zur Rauchgasentschwefelung entwickelt und z. T. auch mit staatlichen Finanzspritzen gefördert worden. Schon die TA Luft von 1964 sah vor, daß die Betreiber von Großfeuerungsanlagen Platz für die Errichtung entsprechender end-of-pipe-Technologien freihalten sollten. Trotz der guten Aussichten und des großen Interesses an den technischen Projekten wurden aber zuerst in den USA und in Japan die Abgasentschwefelungsanlagen vorgeschrieben.[18] In der Bundesrepublik nahm die erste großtechnische Anlage 1975 den Betrieb auf; kommerziell betriebene Kraftwerke mit Rauchgasentschwefelung gingen erst 1977 bzw. 1979 ans Netz. Als 1973 die Novelle der TA Luft verhandelt wurde, konnten die Ingenieure also behaupten, daß sich noch keine Rauchgasentschwefelungsanlage im großtechnischen Betrieb bewährt habe. Wider besseres Wissen traute sich die Umweltbehörde nicht, die Erfahrungen aus anderen Ländern »in einen konkreten SO_2-Emissionsgrenzwert umzusetzen, der beim Einsatz verschiedener Brennstoffe (schweres Heizöl, Steinkohle, Ballastkohle und Braunkohle) bei unterschiedlichen Anlagengrößen gleichermaßen eingehalten werden könnte«. Es sollte daher nur der »Hinweis an die Genehmigungsbehörden« aufgenommen werden, »daß die Rauchgasentschwefelung bei mittleren und großen Feuerungsanlagen mit einem Emissionsminderungsgrad von über 80% erreichbar sei«.[19]
Gerade im Vergleich mit dem Zeitraum der sechziger und siebziger Jahre sind auch bei den klassischen Schadgasen (Schwefeldioxid und Stickoxiden) erstmals spürbare Erfolge der Luftreinhaltepolitik festzustellen. SO_2-Lasten, aber auch die Stickoxidemissionen aus dem Großfeuerungsanlagen-Bereich konnten vermindert werden. Das Bundesumweltministerium, das Umweltbundesamt und die einschlägigen Landesbehörden feiern diese Tatsache als einen Erfolg des emissionsbezogenen Vorsorgeprinzips: Man habe heute eben nicht mehr bloß die Gefahrenabwehr im Auge, sondern achte vielmehr grundsätzlich darauf, den Umfang an Luftschadstoffen nach dem Stand der Technik zu reduzieren.

Wohin mit dem Dreck?

Das Bundesemmissionsschutzgesetz schreibt die Vermeidung bzw. Verwertung der Reststoffe vor. Denn schließlich kann eine Emissionsbegrenzung um jeden Preis zu gewaltigen Reststoffbergen führen, die dann nach bewährter nachsorgender Art in die anderen Umweltmedien verlagert werden.

In den meisten Rauchgasentschwefelungsanlagen wird das zu verringernde Schwefeldioxid-Gas an Kalkmilch gebunden; bei diesem chemischen Vorgang fällt als Abfallprodukt Gips an. Wenn die Anlagen so funktionieren, wie sie sollen, ist jährlich mit einem »Zwangsanfall von mehreren Millionen Tonnen Gips zu rechnen«. Sechs Millionen Tonnen Naturgips werden in der Bundesrepublik Deutschland jährlich verbraucht, im wesentlichen von der Zement- und Bauindustrie. Die außerdem als Abfall bei der Säureherstellung in der Großchemie anfallenden 1,5 Millionen Tonnen ›Chemiegips‹ enthalten problematische Beistoffe (z. B. Radioaktivität) und werden deswegen bisher nur zum kleineren Teil statt Naturgips verarbeitet. Sie werden im wesentlichen deponiert; insbesondere ›Chemiegips‹, der bei *Bayer* in der Flußsäureproduktion anfällt, dient in Bergwerken beim Bau der Grubenbahntrassen.

Nach dem Vorbild der Großchemie wollen die Umweltschützer auch den ›Rauchgips‹ unter Tage verarbeiten – Störungshohlräume sollen mit dem Abfallprodukt verfüllt werden; Freunde der Bergwerksarbeit propagieren sogar den »endgültigen Ausbau im Gesteinsstreckenbau«. Weitere, scheinbar sinnvolle Nutzungen (z. B. im Straßenbau) werden für den ›Chemiegips‹ ebenso wie für den ›Rauchgips‹ gesucht – letztlich wird dann aber nur ein mühsam aufkonzentriertes Gift/Gips-Gemenge in die Fläche verteilt.[20]

Vielleicht läßt sich mit dieser Strategie verbergen, daß in den Rauchgasentschwefelungsanlagen der Kraftwerke riesige Mengen eines sinnlosen Stoffgemenges, regelrechte Gipsberge, anfallen, die eigentlich den Müllnotstand noch verschärfen, weil sie aufgehaldet werden müßten.

Selbst immanent – ohne Abänderung der Kraftwerksstruktur und des eingesetzten Energiestoffes – sind Alternativen möglich; aber die Mentalität der Luftreinhalter, die immer noch zwischen Vorsorge und Reparatur schwankt, führt dazu, daß die Technologen theoretisch einfachere Wege weitgehend ausblenden. So muß z. B. die Rauchgasentschwefelung nach TA Luft nicht unbedingt zum Reststoff Gips führen, sondern kann, wie Erfahrungen der BASF mit dem Wellmann-Lord-Verfahren belegen, auch so konstruiert werden, daß die Gewinnung eines sinnvollen Rohstoffes möglich ist: Das Schwefeldioxid wird dann mit einer Waschlösung aufgefangen

und so aus der Abluft entfernt. Die Waschlösung kann regeneriert und im Kreisprozeß geführt werden; das Schwefeldioxid-Gas wird innerhalb der Chemiefabrik zu Schwefelsäure weiterverarbeitet.
Allerdings stellen auch derartige, pfiffigere Verfahren keinen Freibrief dar, nun unbedingt jeden Brennstoff einzusetzen. Dies belegen eindrucksvoll die Schwierigkeiten, die die Anlagenbauer mit einem ganz ähnlichen Verfahren in dem umstrittenen ›Dreckschleuder‹-Kraftwerk Buschhaus haben: Die besonders salzhaltige Kohle, die die Betreiber dort verbrennen wollen, verhindert bisher ein einwandfreies Funktionieren des end-of-pipe-Verfahrens.
Auf jeden Fall aber scheint eine Rauchgaswäsche notwendig. Die auf dem Bundesimissionsschutzgesetz aufbauenden Regelungen vernachlässigen die dabei anfallenden Abwässer. So sind schon die Schutzzielbestimmungen selbst mit großen Löchern versehen. Die im BImSchG eingeforderte Reststoffverwertung bezieht sich nur auf feste, nicht aber auf flüssig anfallende Abfälle.[21]
Aber wie steht es mit den unbestimmten Rechtsbegriffen in diesem Gesetz wie z. B. Vorsorge gegen »schädliche Umwelteinwirkungen« oder »erhebliche Belästigungen für die Allgemeinheit«? Kann mit diesen Instrumentarien auf die zerstörerischen Potentiale, die infolge der Emissionen heute in der Luft enthalten sind, angemessen reagiert werden: Schadstoffe, die global die Ozonschicht bedrohen, das Klima aufheizen, den Boden versauern, das Grundwasser zerstören, ganze Biozönosetypen – wie die Wälder der borealen Zone – zerstören?
Konzeptionell können unbestimmte Rechtsbegriffe einen umweltmedienübergreifenden Vorsorgebegriff nicht füllen; daher ist die Auslegung des BImSchG-Vorsorgebegriffs Sache der Exekutive und ihres Privatgremiums, der VDI-Kommission *Reinhaltung der Luft*. Diese parastaatliche Normungsinstitution kreiert Grenzwerte, die sich als Eingriff allenfalls an mittlerer Reichweite orientieren. Kaum noch wird bestritten, weder in der juristischen noch in der wissenschaftlichen Debatte, daß die auf menschliche Gesundheit bezogenen Immissionswerte für Schwefeldioxid und die Stickoxide (NO_x) nicht ausreichen, um das Waldsterben zu bremsen. Die Kommission besteht aber angesichts dieser Situation nicht auf niedrigeren Grenzwerten, sondern fordert Mittel, um weiter forschen und so endlich genaue Wirkungsschwellen angeben zu können.[22]
Das Schutzziel, schädliche Umwelteinwirkungen zu verhindern, kann so zurückgenommen werden. Hier liegt die derzeit wesentliche Schwachstelle zwischen dem Bundesimmissionsschutzgesetz und seiner Konkretisierung in der TA Luft. Die TA Luft als konkretisierende, grenzwertfestlegende

Regelnorm bleibt so meilenweit zurück hinter dem Schutzziel des Gesetzesinhalts des Bundesimmissionsschutzgesetzes (denn dort geht es nicht nur um die menschliche Gesundheit, sondern auch um unsere belebte und unbelebte Umwelt).
Daß im Bereich der Kraftwerke (Großfeuerungsanlagen) überhaupt Erfolge gezeitigt werden, führt zu der paradoxen Einschätzung, es sei die Vorsorge, die zum luftreinhaltepolitischen Erfolg geführt habe; die praktizierte Vorsorge erscheint also umso stärker, weil eine nachsorgende Schutzpolitik bekanntlich lasch ist.[22a] Aber dieses Paradox der staatlichen Luftreinhalter ist in der materiellen *ratio legis* angelegt.
Nach Ansicht der ökologischen Kritiker greift auch die Großfeuerungsanlagenverordnung »an zwei entscheidenden Stellen zu kurz: Zum einen tritt wegen der langen Fristen für die Emissionsverminderung die Entlastung viel zu spät ein, zum anderen ist der Stand der Emissionsminderungstechnik inzwischen deutlich fortgeschritten.«[23] Nicht angeprangert wird, daß die Interpretationsherrschaft für die Grenzwertfestlegung an die Exekutive delegiert wurde[24]; überdies sind die in den Gesetzen als unbestimmte Rechtsbegriffe formulierten Vorsorgeaspekte entweder als Emissionsgrenzwerte (die Gesamtemissionen begrenzen) gefaßt oder als Immissionsbegrenzungen, die aber in erster Linie dem humanen Gesundheitsschutz dienen sollen.

Teile und herrsche

Die Luftreinhaltepolitiker unterscheiden heute Reinluft- und Belastungsgebiete. Für die Belastungsgebiete existieren sogenannte Luftreinhaltepläne, die einen groben Überblick über die Luftverschmutzungsquellen geben; diese Pläne haben aber keine rechtsverbindliche Außenwirkung, sondern dienen nur für die behördeninternen Planungen.
Außerdem erlaubt die TA Luft auch in der Novelle von 1986 immer noch, daß luftverschmutzende Anlagen nur in einem Radius von 30 mal Schornsteinhöhe bewertet werden müssen. So lassen sich durch die Wahl der Schornsteinhöhe »verträgliche« Gesamtimmissionen im sogenannten Belastungsgebiet weiterhin über einen Ferntransport von Schadstoffen steuern. Damit aber wird die immer stärkere Hintergrundverschmutzung, unter der (wie der sterbende Wald in den Mittelgebirgen belegt) auch sogenannte Reinluftgebiete leiden, im Prinzip akzeptiert.
Weitere Beschönigungen der realen Immissionssituation entstehen dadurch, daß bei den Meßwerten aus »statistischen Gründen« die eigentlichen Immissionsspitzenwerte ausgeklammert werden; das so »bereinigte« Bild der

Dauerbelastung ist bestenfalls *scientific fiction* und verschleiert die Handlungsnotwendigkeiten. Denn es sind gerade die stoßweise auftretenden Spitzenkonzentrationen, die nachhaltige Schäden verursachen. Auch die Rechtsverordnungen für die Smogalarmpläne bauen auf dieser Sicht auf: Ohne Rücksicht auf kurzzeitige Immissionsspitzenwerte wird der von den Luftreinhaltepolitikern gefürchtete Smogalarm erst bei bestimmten Dauerbelastungen und Inversionswetterlagen ausgelöst. Harte Maßnahmen zur Emissionsverringerung werden erst nachsorgend ergriffen – wenn der Smog schon da ist, beruhigt man mit Fahr- und Produktionsverboten das Gewissen. Die jetzigen, zu hohen Smogwarnwerte bedeuten zudem, daß bereits bei der Vorwarnstufe bis zu zehn zusätzliche Tote pro Million Einwohner einkalkuliert worden sind. Auch wenn »nur« bestimmte Risikogruppen, z. B. Kinder, alte Menschen, Atemwegvorbelastete, vom Smog besonders betroffen sind: In irgendeiner Lebensphase zählt eigentlich jeder Mensch zu einer Smog-Risikogruppe.

Wen wundert es, daß derartige kosmetische Meßmethoden keine Sensibilität für menschliche oder auch pflanzliche Risikogruppen zulassen? Die im stillen Kämmerlein ausgehandelten Datenbereinigungen führen ebenso zu einer mangelnden Gefahrenabwehr im Hinblick auf menschliche Gesundheit und empfindliche Vegetation, wie die vielfachen Ausnahmemöglichkeiten zur Überschreitung von Grenzwerten und des (natürlich immer noch zu hohen) zugelassenen Gesamtschadstoffniveaus der Luft führen.

Die TA Luft enthält derzeit bei der flächenbezogenen Immission mit Grenzwerten für dreizehn Einzelsubstanzen, ausschließlich klassische Schadstoffe. Diese sektorale Sichtweise arbeitet grundsätzlich einer umweltmedienübergreifenden Perspektive entgegen. Die Immissionsschutzsichtweise ist deswegen so konservativ, weil sie immer nur darauf sieht, wie Gesamtbelastungen auf einer bestimmten Grenze »gehalten« werden können. Deshalb bietet sie nicht nur Anreize zum kompensierenden Austausch von luftverunreinigenden Anlagen (»alt« gegen »neu«), sondern auch (soweit die Großfeuerungsanlagenverordnung nichts anderes vorschreibt) den Anreiz, möglichst lange alte Anlagen zu fahren. Gegenwärtig ist auch der Trend zu beobachten, durch den Umstieg von erdgasbefeuerten Großanlagen auf solche mit Kohle sozusagen alte Immissions»guthaben« auszunutzen (denn hier erlaubt die TA Luft wegen der Kohlepolitik der Bundesregierung höhere Emissionen).

Verdoppelung der Geschichte

Bei äußerlicher Betrachtung ist zunächst auffällig, daß die Luft als Element unserer Alltagswahrnehmung in jener Sektoriertheit erscheint, wie sie uns durch die Umweltpolitik vorgegeben wird; da ist die Rede von Schwefeldioxid, Stickoxiden, FCKW, Autokatalysatoren und Blei. Aber wir atmen nur ein und dieselbe Luft. Und die Belastungen nehmen insgesamt derzeit nicht ab. Eine nicht-sektorierte Umweltpolitik, die nicht die Problemberge einfach verschiebt, darf den abstrakten Kern der Industriegesellschaft nicht ausklammern, die Energetisierung sämtlicher Lebensbereiche.

Denn der Trend zur ständigen Energetisierung aller Lebensbereiche ist nicht gebrochen. Sie reicht von der Mobilisierung der Gesellschaft durch automobile Verbrennungsmotoren bis hin zur Bereitstellung ungeheurer Strommengen, bei deren Erzeugung immerhin 70 Prozent als Abwärme in die Atmosphäre verpuffen. Von den Energieerzeugungskapazitäten für industrielle Prozesse ganz zu schweigen..

Zum Beispiel Tiefkühlkost: Energie zur Herstellung (Dehydrierung der Nahrung), Verpackung (Aluminium), Lagerung (unter Dauerfrost mit Energieeinsatz), Zubereitung (Mikrowellenherd). Bis in die sechziger Jahre wurden noch jahreszeitliche Temperaturdifferenzen zur Nahrungskonservierung genutzt (die luftige Speisekammer, der kühle Kartoffelkeller zur Winterlagerung), aber solche Überlegungen gehören längst der Vergangenheit an.

Nur eine immer weitere, unvorstellbare Steigerung des Energie-Inputs läßt eine nachsorgende Umweltpolitik (die das Produktionsverfahren selbst nicht antastet) sinnvoll erscheinen: Ein Sechstel der in einem Braunkohlekraftwerk erzeugten Energie muß darauf verwendet werden, die Schwefeldioxid- und Stickoxidabgase auf die erlaubten Höchstmengen zu reduzieren. Gerade diese end-of-pipe-Politik bedeutet die Erzeugung großer Berge von Abfallstoffen, von ›Rauchgips‹ ebenso wie von Klärschlamm. Zugleich werden immer größere Berge an industriellem Sonder- und an Hausmüll aufgetürmt; der Müllnotstand der Industriegesellschaft Bundesrepublik läßt sich schon als Raumproblem fassen. Die Abfälle sollen nun – auch eine ›Reststoff-Verwertung‹ – verbrannt werden; im Namen der Luftreinhaltung sollen die giftigen Bestandteile und Abgase, die hierbei entstehen, bei sehr hohen Temperaturen (bis 1200° C) nochmals nachverbrannt werden. Was man mit diesen Strategien von Müllverbrennung und Abgasausbrand bestenfalls erreicht, ist eine Konzentration der Gifte in Schlacken, ›Rauchgipsen‹ und Filterstäuben; denn Stoffe lösen sich durch die Verbrennung nicht in ein Nichts auf. Auch die vorgebliche Entlastung der Bürger stellt sich

nicht ein. (Wer will schon eine Müllverbrennungsanlage in seiner Wohngegend haben?)
Luftreinhaltepolitik ohne eine neue Energiepolitik ist also undenkbar: Die Strategie der quantitativen Begrenzung der Gesamtemission stellt zwar gegenüber der früheren Immissionspolitik einen Fortschritt dar, läßt aber den aktuellen Kern des Übels außer Betracht: nämlich die Stuktur zentraler Großeinheiten. Das eigentliche Sparpotential (und damit Schadstoff-Vermeidungspotential), das in der dezentralen Energieversorgung liegt (mit Wärmekraftkopplung), wäre zusätzlich zu den Reinigungsverfahren nach dem Stand der Technik eine drastische Entlastung für den Luftbereich.
Eine an der Energiefrage ansetzende Luftreinhaltepolitik würde zugleich die Umweltmedien Boden und Wasser schützen. Denn Energie kann thermodynamisch nur »in Fluß kommen«, wenn sie von einem Wärme- zu einem Kältepol streben kann. Dieser Kältepol wird bei den konventionellen Kondensationskraftwerken als den verbreitetsten Energiebereitstellungssystemen an das Medium Wasser gebunden. Die Wärmelastpläne unserer Flüsse zeigen aber deutlich, daß diese Temperaturdifferenz besonders in den warmen Sommermonaten (wenn Luft und Wasser warm sind und die Flüsse wenig Wasser führen) an eine natürliche Grenze gelangt ist. Die Industrie greift dann auf die letzten Grundwasserreserven unter ihren Werksgeländen zurück, um dem erwärmten Flußwasser neue Kühlkapazitäten einzuspeisen. An diesen jährlich wiederkehrenden Ereignissen läßt sich ablesen, daß die derzeitige Energiepolitik nicht nur die Belastungsgrenzen des Erdklimas erreicht, sondern auch die des Elementes Wasser. Die gegenwärtige *ratio legis* müßte die Wahrung solcher Naturgrenzen im vorsorgenden Sinne sichern; denn ihre Verletzung in der Luft und im Wasser erzeugt nachhaltige und irreparable Schäden.
Die gegenwärtige Energiepolitik auf der nördlichen Halbkugel verheizt zudem einen »unterirdischen Wald«; denn die Kohle sind die fossilierten Urwälder aus längst untergegangenen Erdepochen. Kann man bei einer solchen Praxis den Dritte-Welt-Ländern das Verheizen ihrer heutigen Wälder vorwerfen?
Eine Umweltpolitik der Luft (und damit des Bodens, des Wassers und des Weltklimas) wird es im Sinne der Vorsorge nicht geben, wenn man sich nicht endlich an das unsere Wirklichkeit und Umwelt immer noch zutiefst bedrohende Energiewirtschaftsgesetz aus der Großplanungsära des Nationalsozialismus heranwagt. Bis zur Jahrtausendwende müßte, um eine wahrscheinliche Erwärmung der Atomsphäre (und damit der Erde und der Meere) um 2° C zu verhindern, der gegenwärtige Weltausstoß von Kohlendioxid um mindestens 30 Prozent reduziert werden. Wie kann eine solche Sparpolitik

ohne Dezentralität der Erzeugungs- und Versorgungsstrukturen aufgebaut werden? Wie kann sie ohne eine Gebrauchsartendifferenzierung in der Energieverwendung (z. B. kein Strom als Heizenergie) erfolgen?
Obwohl sich die Klimatologen noch darüber streiten, wie das Erdklima gestört wird, steht heute fest, daß die Treibhausgase CO_2 und NO_x neben den fluorierten Kohlenwasserstoffen drastisch reduziert werden müssen. Zwar können – im kausaldeterministischen Sinne – Wirkungsketten zwischen diesen Treibhausgasen, der Erderwärmung und dem Abbau des atmosphärischen Ozonschildes nicht nachgewiesen werden, aber man ist sich doch einig über die polykausalen Wirkursachen dieser Emissionen. Die westlichen Industriestaaten und der Block um die Sowjetunion blasen von diesen Treibhausgasen mehr als zwei Drittel des Weltaufkommens in die Luft.
Luftreinhaltepolitik kann sich nicht länger auf die Vermeidung klassischer Schadgase beschränken; vielmehr muß sie auf einer völlig veränderten Chemiepolitik aufbauen, die nicht länger zuläßt, daß z. B. als Ersatz für die Fluorchlorkohlenwasserstoffe andere Chlorkohlenwasserstoffe (mit ungeklärtem ökotoxikologischen Potential) auf den Markt geworfen werden.
Es mutet wie ein Schildbürgerstreich an, daß die bundesrepublikanischen Erfolge auf dem Sektor der Entschwefelung und Stickstoffreduzierung bei den Großfeuerungsanlagen durch das Anwachsen des Flug- und Autoverkehrs (insbesondere Schwerlastverkehr) buchstäblich aufgefressen werden. Was den wachsenden Privatverkehr angeht, so könnte durch Katalysatoren Abhilfe beim Stickstoff geschaffen werden; doch weiß man im Bundesgesundheitsamt bislang überhaupt nichts darüber, wie die Abgase des Katalysators mit ihren katalytisch erzeugten Nebenprodukten (verschiedene Benzypren-Verbindungen) ökotoxikologisch zu bewerten sind. Eine Luftreinhaltepolitik ist also nur in Verbindung mit einer neuen Verkehrspolitik möglich, bei der z. B. der Schienenverkehr die hohen Schwerlastkapazitäten auf den Autobahnen und das Flugaufkommen zwischen europäischen Städten abbaut. Was hier schon mit einfachen Mitteln möglich wäre, zeigt ein Jahresvergleich gefahrener Bahn-km pro Person in der Bundesrepublik (ca. 700 km) und der Schweiz (ca. 1400 km).[25]
Die unter der Flagge »Vorsorge« praktizierte Politik der Emissionsminderung bleibt wirkungslos, wenn selbst solche Aspekte wie die anfallenden Abwässer der Rauchgaswäsche oder die schadstoffbelasteten Gipsberge (bei der Müllverbrennung auch noch mit halogenierten Kohlenwasserstoffen wie Dioxinen und Furanen angereichert) rechts- und umweltpolitisch nicht berücksichtigt werden.
Ein rechtspolitisch ausgestalteter Vorsorgebegriff müßte genau jene Schad-

niveaus verhindern, die durch die TA Luft und das Bundesimmissionsschutzgesetz in die Reinluftgebiete oder in andere Medien verlagert werden. Da die Sorge um die Schädigung von Organismen oder ökologischer Großsysteme, wie z. B. die Erdatmosphäre mit spezifischer Gaszusammensetzung, wissenschaftlich plausibel ist, müßte ein echter Vorsorgebegriff angewendet werden. Dies wird befriedigend aber erst dann möglich sein, wenn die unterschiedlichen Qualitäten verschiedener Teil-Atmosphären berücksichtigt werden; denn erst dann kann in der aktuellen Diskussion die Frage gestellt werden, welches Medium Luft, welcher wie zusammengesetzte »Luftkörper« gesellschaftlich *und* ökologisch überhaupt wünschenswert ist.

Die staatlichen Umweltschützer haben derartige Fragen nie gestellt. Sie haben nicht einmal den verschleppenden Kampf gegen die Luftverschmutzung, der bestenfalls zu einer Abdrängung und Verlagerung der Probleme, aber nicht zu ihrer grundsätzlichen Abschaffung führte, richtig aufgearbeitet. So heißt es noch heute in einer Jubiläumsschrift des Instituts für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Bundesgesundheitsamtes mit blauäugigem Optimismus: »Die Grundgedanken von 1845 [und damit der preußischen Gewerbeordnung] sind noch heute der gesetzliche Rahmen der modernen deutschen Gesetzgebung zur Reinhaltung der Luft.«[26]

Anmerkungen

1 Zit. n. G. Spelsberg, *Rauchplage*, Köln 1988, S. 11 f.
2 R. A. Smith, *On the Air and Water of Manchester*. Memoirs of the Literary and Philosophical Society of Manchester. II. 10 (1852), S. 207-217.
3 Th. Fontane, *Werke in fünf Bänden*. 3. Band, Berlin, Weimar 1983, S. 183.
4 Vgl. E. Schramm, »Soda-Industrie und Umwelt im 19. Jahrhundert«, *Technikgeschichte* 51 (1984), S. 190-216.
5 V. Kohlschütter, *Nebel, Rauch und Staub*, Bern 1918, S. 26.
6 Vgl. E. Schramm, »Der Aufstieg der chemischen Industrie: Umweltschäden greifen aus«, *Bild der Wissenschaft* 8/1986, S. 86-90.
7 R. Hasenclever, »Über Betriebsresultate neuer Patente zur Vermeidung des schädlichen Einflusses von Hüttenrauch«, *Die chemische Industrie* 4 (1881), S. 78-82.
8 A. Lübke, *Das deutsche Rohstoffwunder*, Stuttgart 1938, S. 505.
9 Archiv der Metallgesellschaft, Frankfurt a. M.: Juristisches Bureau W 13, Abt. 4.
10 V. Kohlschütter, a. a. O., S. 30.
11 Vgl. G. Spelsberg, a. a. O., S. 200.
12 Zit. nach K. G. Wey, *Umweltpolitik in Deutschland*, Opladen 1983, S. 182.
13 F. Spiegelberg, *Reinhaltung der Luft im Wandel der Zeit*, Düsseldorf 1984, S. 27 ff.

13a A.a.O.

14 K. Töpfer, »Ist die Politik der Technik gewachsen? Politische Konzepte für eine Risikogesellschaft«, *Umwelt* 7/1988.

15 Vgl. H. Weidner, P. Knoepfel, »Chancen und Restriktionen kommunaler Luftreinhaltpolitik«, in: Diess. (Hrsg.), *Luftreinhaltepolitik in städtischen Ballungsräumen*, Frankfurt, New York 1985, S. 11-31.

16 R. Wolf, *Der Stand der Technik. Geschichte, Strukturelemente und Funktionen der Verrechtlichung technischer Risiken am Beispiel des Immissionsschutzes*, Opladen 1986, S. 193.

17 O. Kimmnich, *Das Recht des Umweltschutzes*, München ²1972, S. 207.

18 Vgl. E. Koch, *Der Weg zum blauen Himmel über der Ruhr*, Essen 1983, S. 66ff.

19 E. Müller, *Innenwelt der Umweltpolitik*, Opladen 1985, S. 227f.

20 J. Schultze und M. Hohmann, »Untersuchung der Vermeidungs- und Verwertungsmöglichkeiten von schwefelhaltigen Rückständen...«, *UBA-Texte* 16/86, S. 483, 522. Der ›Rauchgips‹ ist »grob belastet mit Cadmium, Quecksilber, Chrom, Nickel, Kupfer, Zink, Blei, Chloriden und Sulfaten«. Die 1,4 Mill. Tonnen, die alleine bei der RWE anfallen, sollen zudem »mit Kraftwerksasche zu einem Stabilisat« verarbeitet, in Braunkohlegruben westlich Kölns »verschüttet« werden. Vgl. »Kraftwerkgips in den Tagebau«, *Aachener Nachrichten* vom 4.7.1985.

21 Vgl. E. Rehbinder, »Grenzen und Chancen einer ökologischen Umorientierung des Rechts«, *Sozial-ökologisches Arbeitspapier* 25 (1987), S. 8.

22 Vgl. z.B. R. Guderian und D.T. Tingey, *Notwendigkeit und Ableitung von Grenzwerten für Stickstoffoxide*, Umweltbundesamt Berichte 1/87, S. 143ff.

22a Vgl. E. Rehbinder, a.a.O., S. 8.

23 BUND, *Umweltbilanz. Die ökologische Lage der Bundesrepublik*, Hamburg 1988, S. 49.

24 »Die Verantwortung für die Risikoermittlung und -bewertung trägt... die Exekutive; sie hat hierbei die Wissenschaft zu Rate zu ziehen.« (Bundesverwaltungsgericht 1986).

25 Vgl. *Der Spiegel*, Nr. 5/1989.

26 A. Faensen, »Luftreinhaltung im Wandel der Zeit«, *Wa-Bo-Lu-Hefte* 1/1986, S. 153-163.

Atmung: *äußere A.:* Respiration; Tätigkeit der Lungen, wobei das Hämoglobin des Bluts durch d. Alveolarwand Sauerstoff aufnimmt und Endprodukte des Stoffwechsels, vor allem Kohlendioxid abgibt; Einatmung: Inspiration, Ausatmung: Exspiration.
Man unterscheidet Frequenz, Typus u. Rhythmus. Frequenz: s. Atemfrequenz. Typus: Inspiration beim Mann zu ⅓ durch Rippenhebung u. zu ⅔ durch Senkung des Zwerchfells (abdominale Atmung); bei der Frau ist dagegen die Dominanz der Rippenatmung (kostale Atmung) über die Zwerchfellatmung noch stärker ausgeprägt. Unterschiede verschwinden bei tiefer angestrengter Atmung (überwiegend kostal). Rhythmus: Vermehrung der Atmungsfrequenz m. Lufthunger (Dyspnoe*). Anfallsweise Kurzatmigkeit (asthmatisches* Syndrom). Asthma*; die gewöhnl. Form ist d. Asthma bronchiale; Dyspnoe b. Herzkranken (Asthma cardiale). Vgl. Cheyne-Stokes-Atmung, Biot-Atmung, Kußmaul-Atmung, Orthopnoe, Auxiliaratmung, Flankenatmung.
Innere A.: Gewebeatmung; A. der Körperzellen; hierbei wird innerh. der Zellen z. B. Kohlenhydrat durch (Oxihämoglobin-)Sauerstoff oxidiert (vgl. Atmungsferment):
$C_6H_{12}O_6+6O_2 = 6CO_2+6H_2O$ (+ 670 Kal). Die angeführte Bilanzformel der Oxidation v. Kohlenhydrat zeigt, daß pro Mol verbrauchten Sauerstoffs 1 Mol Kohlendioxid gebildet wird (Atmungskohlensäure).
Atmungsgeräusche: Schallzeichen über d. Lungen bei d. Auskultation*; man unterscheidet: *1. Vesikuläres Atmen* (Abb.): Bläschenatmen, Atmen v. schlürfendem Charakter (Einatmen klingt wie »f«, Ausatmen wie »w«); über normalen Lungenteilen, hauptsächl. bei d. Inspiration zu hören; abgeschwächt: Emphysem, Pleuritis u. Schwartenbildung; verschärft: Bronchitis; verschärft u. verlängert (im Exspirium): b. Erschwerung des Luftaustritts z. B. bei Asthma bronchiale u. Bronchitis, *2. Pueriles Atmen:* normales Atmen b. Kindern, von verschärft-vesikulärem bzw. unbestimmtem Charakter. *Urs.:* geringere Dicke der Thoraxwand. *3. Bronchiales Atmen* (Abb.): Röhren-Atmen, Atmen v. hauchendem Charakter (klingt b. Ein- u. Ausatmen wie »ch«), in In- u. Exspiration gleich stark od. Exspiration stärker. *Vork.:* über luftröhrennahen Abschnitten (Larynx, Trachea, Interskapularum); pathol. bei luftarmen Lungenabschnitten wie b. Infiltration od. Atelektase. *4. Unbestimmtes Atmen:* weder deutl. hauchendes noch schlürfendes Atmen; normal b. Kindern, b. Erwachsenen deutl. in d. Regio supra- u. infraspinalis; dauernd über e. Lungenspitze zu hören, gilt es als Zeichen einer beginnenden Tbc. *5. Amphorisches A.:* Höhlen-Atmen, Krugatmen; sausendes, metall. klingendes Atmen; kann man nachahmen, wenn man über die Öffnung e. großen Flasche bläst; pathognomon. für glattwandige Kavernen u. (offenen) Pneumothorax. *6. Nebengeräusche* bei d. Atmung sind: 1. Rasselgeräusche, 2. Reibegeräusche. Vgl. Geräusch.

Pschyrembel: Klinisches Wörterbuch; © 1985 Walter de Gruyter

Joachim Kahlert
Herr über Wolken

Schwierigkeiten bei der Begründung eines Forschungsprogramms

Heute würde es wohl lange dauern, vielleicht auch hoch hergehen. Prof. Dr. Heinz-Richard Rensrel, Präsident des noch jungen »Bundesinstituts für das Management von Umweltkrisen« (BUMAN), machte sich auf den Weg zum Sitzungssaal. Gleich würde dort die Konferenz der Abteilungsleiter seines Instituts über die Schwerpunkte für die Vergabe der Sonderforschungsmittel ZULU (Zukunft Luft) beraten. Vor einigen Wochen hatte die Bundesregierung seine Behörde beauftragt, ein Forschungsprogramm auszuarbeiten, das Erkenntnisse über geeignete Strategien zur raschen Verminderung von Gefahren der Luftverschmutzung erwarten ließe. Eine dankbare Aufgabe, wie Rensrel zunächst geglaubt hatte: der Rahmen zur Finanzierung von Projekten war großzügig bemessen, Anschlußaufträge sollten möglich sein. Und weil man mittlerweile auch in Bonn gelernt hatte, daß eine allzu frühe Orientierung an Sachzwängen die guten Ideen im Dschungel von Realitätssinn und Kompromissen erstickte, hatte man ihn ausdrücklich darum gebeten, seine Vorschläge ohne Rücksicht auf etablierte Interessen und Macht auszuarbeiten.

Wie ein Herr über den Wolken, so war Rensrel sich zunächst vorgekommen. Um sich einen Überblick über den Stand der Forschung zu verschaffen, hatte er Expertisen über die bekannten und vermuteten Auswirkungen von Luftschadstoffen auf die menschliche Gesundheit in Auftrag gegeben und sich von Ingenieuren und Technikern über erfolgversprechende Entwicklungen auf dem Gebiet der Luftreinhaltung aufklären lassen. Da er sich den Horizont nicht von vornherein mit seiner Vorliebe für technische Lösungen einengen wollte, war Rensrel mit Spitzenvertretern von Umweltverbänden, des Öko-Instituts und Delegierten aus Alternativprojekten zusammengetroffen, so daß er nun etliche Szenarien über den Umbau der Industriegesellschaft kannte. Und er hatte einen angesehenen Professor für Naturphilosophie, Senator a. D., konsultiert, um die Kritik am »anthropozentrischen Weltbild« sowie das Plädoyer für einen »Frieden mit der Natur« aus erster Hand erläutert zu bekommen.

Doch je mehr Rensrel wußte, je mehr Standpunkte er zu berücksichtigen

suchte, umso schwerer fiel es ihm, weise Entscheidungen über die Arbeitsschwerpunkte für ZULU vorzubereiten. Eine Zeitlang hatte er sich wie zwischen zwei Welten hin- und hergerissen gefühlt. Sollte er den Verlokkungen der Utopie und ihrem »erbarmungslosen Optimismus« (Hans Jonas) über die Fähigkeiten und Eigenschaften der Menschen folgen und die zur Verfügung stehenden Forschungsmittel auf die Entwicklung von Modellen ökologisch angepaßter Lebens- und Arbeitsformen konzentrieren? Oder war es nützlicher, Forschungslücken zu beseitigen, zum Beispiel was die Auswirkungen von Bleibelastungen auf Kinder, das Ausmaß der Krebsgefährdung durch Luftschadstoffe oder die gesundheitlichen Gefährdungen durch die Schadstoffbelastung der Luft in Wohnräumen betrifft? Aber vielleicht müßte er doch eher handfeste Verbesserungen auf den Weg bringen, zum Beispiel die Bemühungen der Energiewirtschaft um effizientere und deshalb schadstoffärmere Feuerungsanlagen unterstützen. Und wenn die jüngsten Prognosen über den drohenden Treibhauseffekt zutreffen sollten, wäre es dann nicht dringlich, die Chancen für eine drastische und vor allem weltweite Reduzierung des Einsatzes fossiler Brennstoffe zu erkunden?
Selbstverständlich hatte Rensrel auch die BUMAN-Abteilungen um vorläufige Stellungnahmen gebeten. Viele Anregungen waren so zusammengekommen, allerdings noch sehr geprägt von den speziellen Interessen des jeweiligen Sachgebietsleiters. Eine Prioritätenliste ließ sich daraus noch nicht anfertigen. Zwar gaben sich einige seiner Damen und Herren Direktoren überzeugt, daß ihre Vorschläge der Menschheit, wenigstens der Gesellschaft besonders dienen würden. Aber mancher hatte da wohl den distanzierten Blick eines Beobachters der Gesellschaft mit dem Aussichtsturm auf dem Gipfel der Erkenntnis verwechselt. Gerade weil er, Rensrel, den geballten Sachverstand aus den verschiedenen Fachgebieten koordinieren mußte, war ihm mittlerweile klargeworden, daß der Überblick über das Ganze, und damit die Rechtfertigung von Entscheidungen mit guten Absichten, nur als Einbildung zu haben war. Heute, endlich, sollten die Vorentscheidungen für ZULU getroffen werden. Leicht wollte es Rensrel den Kolleginnen und Kollegen nicht machen:

Verehrte Damen, meine Herren! Bevor wir in die Debatte über Ihre Vorschläge für das Projekt ZULU einsteigen, möchte ich Sie bitten, einige Probleme mit mir zu teilen, die mich bei der Vorbereitung auf unsere heutige Sitzung beschäftigt haben. Vorher darf ich ihnen ein paar Fakten in Erinnerung rufen.
Allein in der Bundesrepublik strömen jährlich etwa 2,2 Millionen Tonnen Schwefeldioxid, 3 Millionen Tonnen Stickoxide und 8,9 Millionen Tonnen

Kohlenmonoxid aus Schloten, Schornsteinen und Auspufftöpfen in die Luft. Hinzu kommen eine halbe Million Tonnen Staub – Ruß, Flugasche, Kohle- und Zementteilchen, feinverteilte Schwermetalle, der Abrieb von Autoreifen und Bremsbelägen – sowie 2,4 Millionen Tonnen organischer Verbindungen: Rückstände aus unzureichend verbranntem Kraftstoff; beim Tanken verdunsteter Treibstoff; leichtflüchtige Lösungsmittel aus Farben, Lacken, Klebern, Verdünnern; Abgase der Chemie- und Mineralölindustrie. Nicht zu vergessen die etwa 200 Millionen Tonnen Kohlendioxid, das Gas, das bei jeder Verbrennung kohlenstoffhaltigen Materials, ob Koks, Erdöl, Benzin, Erdgas, Holz oder Papier, entsteht.[1] Die möglichen Wirkungen dieser Beigaben zur Atemluft reichen von Reizungen der Bronchien über Nierenschäden bis hin zur Auslösung von Lungenkrebs. Und sollten sich die Prognosen über den Treibhauseffekt und über die Abnahme der Ozonkonzentration in der Stratosphäre bewahrheiten, dann nehmen wir mit der Verbrennung fossiler Energieträger und mit der Produktion chlorhaltiger Treibgase einen Kredit auf die Zukunft, der vielleicht schon von unseren Kindern, bestimmt aber von unseren Enkeln mit einem Anstieg der Todesfälle durch Hautkrebs sowie mit einem Verlust von landwirtschaftlichen Nutzflächen und besiedelbarem Land bezahlt werden muß. So ist sie voller Gefahren, die dicke Luft, und wir sollen helfen, das zu verändern. Aber womit fangen wir an, oder, genauer gefragt, wem sollen wir zuerst nützen?

Damit ich Ihnen meine Frage verständlich machen kann, möchte ich das Gefährdungspotential ordnen. Als Ordnungsmerkmale wähle ich die zeitliche Dimension der Gefährdung und die Möglichkeiten und Grenzen der gezielten Gefahrenabwehr. Wie mir scheint, kann ich Ihnen unser Risiko, falsche Entscheidungen zu treffen, so am besten verdeutlichen.

1. Das alltägliche Gefahrenroulette

»Hol' jetzt Luft und leide später, aber wahrscheinlich geht es gut«, das ist, in Kurzfassung, der Trost, den die Statistik dem gesunden Durchschnittsatmer bietet. Die Luft mag voller Schadstoffe sein, aber sie macht die allermeisten Menschen nicht akut krank. Und sieht man von den besonderen Belastungen derjenigen ab, die sich längere Zeit in den Abgasschwaden des dichten Straßenverkehrs aufhalten müssen, dann spüren Erwachsene in der Regel auch keine Beeinträchtigungen des Wohlbefindens, die offenkundig auf schmutzige Luft zurückgingen. Das ändert sich, wenn das Klima mal nicht mitspielt, kein Wind weht und eine Inversionswetterlage den üblichen

Auftrieb bodennaher Luftschichten verhindert. Die in Ballungsräumen hohen Emissionen an Staub, organischen Verbindungen, Stickoxiden und Schwefeldioxid brauen sich zum Smog zusammen, der die Sterberate unter älteren Menschen mit Herz- und Lungenerkrankungen erhöhen *kann*. Krankenhäuser müssen an solchen Tagen mehr Patienten mit Atemwegserkrankungen und mit Herz-Kreislaufstörungen als üblich aufnehmen.[2]
Möglicherweise sind kleine Kinder schon von geringeren Schwankungen der »Normalbelastung« bedroht, denn es ist nicht auszuschließen, daß zu dem Bündel von Auslösefaktoren für den gefürchteten Pseudokrupp neben Viren, der Luftqualität von Innenräumen, Wohnbedingungen auch umweltrelevante Konzentrationen an Schwefeldioxid eine Rolle spielen, zumindest bei besonders veranlagten Kindern.[3] Ganz sicher wiederum gehören Kleinkinder zu jenem Kreis von Personen, deren Gesundheit von Stäuben aus Bleihütten und bleiverarbeitenden Betrieben am meisten gefährdet ist.
Inwieweit auch gesunden Erwachsenen die Normalluft schlecht bekommt, wissen wir nicht. Immerhin birgt die Arbeit mit Lacken, Farben und Klebern in Innenräumen Gefahr, denn ausdampfende Lösungsmittel *können* das Gehirn, das Nervensystem, Leber und Nieren schädigen. Niemand kommt vorbei an der Gefährdung durch die Allgegenwart krebserzeugender Stoffe, wie Benzol aus den Emissionen des Straßenverkehrs oder polyzyklischer aromatischer Kohlenwasserstoffe (PAH), die bei der unvollständigen Verbrennung von Kohle, bei der Kokserzeugung und bei der offenen Abfallverbrennung in die Luft gelangen. Und Asbeststaub steht im Verdacht, allein in der Bundesrepublik für rund 1000 Krebstote pro Jahr verantwortlich zu sein.[4]
So ist Gefahr allgegenwärtig, aber nicht für alle Menschen gleich. Ob Luftholen krank macht, hängt natürlich von der Konzentration der potentiell schädlichen Stoffe ab, die man gezwungen ist einzuatmen. Aber der Grundsatz des Paracelsus: »Sola dosis facit venenum« – allein die Dosis macht das Gift – enthält nicht die ganze Wahrheit. Eine Dauerbelastung mit niedrigen Konzentrationen kann sich anders auswirken als eine kurzzeitige Belastung mit höheren Konzentrationen. Selbst wenn die verabreichten Schadstoffmengen unterm Strich gleich groß sind, die Wirkung ist im Endeffekt verschieden. Zudem beeinflussen das Lebensalter, der allgemeine Gesundheitszustand und körperliche Aktivitäten die individuelle Empfindlichkeit gegenüber – Luft. Die übers Jahr gemittelte Luftqualität eines Stadtteils mag für alle gleich sein, doch welche Wirkung sie auf den einzelnen hat, hängt auch davon ab, zu welcher Zeit er sich wie lange dort aufhält und was er treibt: Auf der Hauptverkehrsstraße zu bummeln bringt eine geringere

Belastung, als dort schwere körperliche Arbeit zu verrichten. Schließlich zeigt ein Blick in die Statistiken der Berufsgenossenschaften, daß Angehörige bestimmter Berufsgruppen nach wie vor den größten Preis für die Verschmutzung der Luft bezahlen. So haben zum Beispiel Nickelstäube am Arbeitsplatz zu Lungen- und Nasenkrebs geführt. Wer beruflich regelmäßig mit Ruß, Teerdämpfen und Kokereiabgasen in Berührung kommt, hat ein größeres Krebsrisiko als der Durchschnittsbürger. Staub am Arbeitsplatz begünstigt die Entstehung chronischer Bronchitis. Und rund zwei Drittel der jährlichen Asbesttoten sind Opfer ihres Berufes.[5]

Fassen wir zusammen: die populär zu werden drohende These »Smog ist demokratisch« (Ulrich Beck) stimmt nicht. Die Luft mag für alle gleich sein, doch ihre Wirkung unterliegt dem Diktat der kleinen und großen Unterschiede in den Lebensumständen, die gesellschaftlich bedingt sind, aber individuell ausgebadet werden.

Was ist zu tun? Wissenschaftlicher Fortschritt kann der Verminderung von Gefahren auf dreifache Weise nützen: Aufklärung derjenigen Einflüsse, die aus gleichen Schadstoffbelastungen unterschiedliche Effekte machen; Präzisierung von Wahrscheinlichkeitsaussagen zur Beschreibung der Beziehungen zwischen Schadstoffkonzentrationen, individuellen Lebensumständen und Schadstoffwirkungen; Entwicklung von Maßnahmen zur Verringerung der Luftverschmutzung. Das stellt uns vor die Qual der Wahl:

(a) Wir versuchen gerecht zu sein und verteilen unsere Forschungsmittel zur Klärung möglichst vieler offener Fragen[6]: Beschreibung der Belastungssituation der Bevölkerung in der Nähe besonderer Emittenten wie Müllverbrennungsanlagen, Erzhütten, Lackierereien, Chemiebetriebe; Quantifizierung der Gesundheitsrisiken; systematische Messungen zur Erfassung von Luftbelastungen in Innenräumen; Verbesserung der Erkenntnisse über die Gefährdung von Risikogruppen durch die »Normalbelastung«. Der Wissenszuwachs würde gezieltere Maßnahmen zum Schutz besonders empfindlicher Bevölkerungsgruppen ermöglichen, aber mit der Streuung unserer Mittel gingen wir das Risiko ein, einzelne Projekte nicht wirksam genug unterstützen zu können.

(b) Wir setzen Schwerpunkte – und nehmen das Risiko in Kauf, die falschen Projekte zu unterstützen. Vielleicht wäre eine andere als die von uns beschlossene Mittelverteilung im Endeffekt wirksamer gewesen, weil mehr Menschen davon profitiert hätten. Aber selbst wenn wir den tatsächlichen Nutzen einzelner Projekte vorhersehen könnten: Mit welchem Recht würden wir uns entscheiden, mehr für die Entwirrung des Ursachenbündels bei Pseudokrupp als für die Aufklärung des Gesundheitsrisikos von Bleihüttenarbeitern zu tun?

(c) Wir denken praktisch und investieren unsere Mittel zur Förderung erfolgversprechender Maßnahmen gegen die Luftverschmutzung.[7] Wieder stellt sich die Frage der Effektivität: Gehen wir in die Breite und unterstützen Maßnahmen zur Entstickung des Straßenverkehrs und zur Entgiftung von Industrieabgasen? Oder dient es dem Gesundheitszustand der Bevölkerung auf Dauer mehr, den Einfluß von Ofenkonstruktionen auf den Gehalt an krebserregenden Verbindungen in den Abgasen von Ölheizungen untersuchen zu lassen? Wäre es wirksamer, die Entwicklung von wirtschaftlich tragbaren Filtermedien zur Abscheidung von Schadgasen aus den Emissionen von Kleinbetrieben zu fördern? Oder sollten wir die gesamten Mittel nicht eher unseren östlichen Nachbarn zur Verfügung stellen, zweckgebunden für die Entschwefelung von Braunkohle-Kraftwerken?
Was wir auch tun, wir machen immer zugleich etwas Nützliches und etwas Falsches. Wollen wir gerecht sein, sind wir wahrscheinlich ineffektiv; setzen wir Schwerpunkte, sind wir ungerecht. Forschen wir über Wirkungen, tun wir nichts für die Reduktion der Schadstoffe, und wollen wir praktische Maßnahmen unterstützen, müssen wir damit rechnen, die Mittel zu vergeuden, weil wir nicht genug über das Gefährdungspotential einzelner Schadstoffe wissen. Weise Entscheidungen sind gefragt, aber kompliziert, und der Blick in die Zukunft macht es uns nicht leichter.

2. Was noch auf uns zukommt: das Ozonloch

Vor 15 Jahren als Warnung in die Welt gesetzt, lange umstritten, zur Zeit weltweit anerkannt, hat das drohende Ozonloch den Weg in die Tagesordnung der Staatsgeschäfte gefunden – und da gehört es auch hin. Wenn es stimmt, »daß eine alarmierende Veränderung sowohl in der Stratosphäre über der Antarktis als auch in der globalen Atmosphäre stattfindet«[8], dann sind die derzeitigen internationalen Konferenzen nur die Vorboten eines globalen Krisenmanagements: eindämmen, was nicht mehr aufzuhalten ist.
Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW), reaktionsträge Gase, in der Regel unbrennbar und nicht besonders giftig, daher jahrzehntelang als Treibmittel in Spraydosen, bei der Kunststoffverschäumung sowie als Löse- und Kühlmittel geschätzt, schwirrten bereits zu vielen Millionen Tonnen um die Erde, als 1974 amerikanische Wissenschaftler den Angriff dieser Gase auf das Ozon in den oberen Luftschichten vorhersagten. Die chemisch stabilen, langlebigen Gase entfalten ihre Wirkung erst in den luftigen Höhen der Ozonschicht, weil die starke UV-Strahlung sie dort zersetzt. Dabei freiwer-

dende Chlorteilchen reagieren mit Ozon. Es läuft eine Reaktionskette ab, an deren Ende Ozon fehlt, das Chlorteilchen aber wieder da ist – und erneut Ozon angreift. Zig-, ja hunderttausendmal kann ein Chlorteilchen diesen Prozeß durchlaufen, bis es einen Reaktionspartner findet, mit dem es eine stabile Bindung eingeht. Daß dadurch die Ozonschicht angegriffen wird, ist einleuchtend, aber leider viel zu einfach, denn in der stratosphärischen Ozonküche mischen viele Einflüsse mit: natürliche, wie Klimaschwankungen, Sonnenfleckenzyklen, Staub von Vulkanausbrüchen; menschliche, wie Stickoxide aus hochfliegenden Flugzeugen und Methan, freigesetzt aus Reisfeldern und bei der Viehhaltung.

Zur Zeit gibt es kein Modell, mit dem sich das Zusammenspiel aller Einflüsse auf die Ozonschicht erfassen ließe. Manche Modelle beschreiben die in der Atmosphäre ablaufenden chemischen Reaktionen sehr gut, vernachlässigen aber Klimaschwankungen und vereinfachen die Wirkung der Sonnenstrahlung. Modelle, die auch die geographische Länge und Breite und damit Luftzirkulationen sowie die unterschiedliche Intensität der Solarstrahlung berücksichtigen, können dagegen die Vielzahl chemischer Prozesse nicht zufriedenstellend einbeziehen.[9] So weiß niemand genau, wie schnell der Ozonabbau voranschreitet, aber sicher ist, daß es gefährlich wird: Die Ozonschicht hält den größten Teil der ultravioletten Sonnenstrahlung (UV-Strahlung) zurück, die ständig in die Lufthülle der Erde eindringt. Und weil UV-Strahlung lebende Zellen schädigt, führt eine Abnahme des Ozons zu einer Zunahme von Hautkrebsfällen und Augenerkrankungen (Katarakte) sowie zu Schwächungen des menschlichen Immunsystems. Außerdem stört eine härtere UV-Strahlung die Photosynthese der Landpflanzen und die Nahrungskette in den Weltmeeren, was einen Rückgang der Weltproduktion von Nahrungsmitteln mit sich bringen wird.

Als grobes Richtmaß für die Wirkung des Ozonabbaus gilt, daß der Verlust von einem Prozent Ozon dort oben zu einer um zwei Prozent wirksameren UV-Bestrahlung hier unten führt. So wäre bei einem um zehn Prozent verminderten Ozongehalt allein in der Bundesrepublik mit 20 000 zusätzlichen Hautkrebsfällen pro Jahr (ohne Melanome) zu rechnen. Diese Ozonverluste liegen im Rahmen heutiger Prognosen, die einen globalen Ozonschwund von fünf bis zwanzig Prozent bis zum Jahre 2025 erwarten lassen, variierend mit den Annahmen über die Entwicklung des weltweiten FCKW-Verbrauchs und mit der Qualität der benutzten Modelle.

Zusammengefaßt: es kommt was auf uns zu, wir wissen nicht genau wie schnell, aber gewiß werden sich die Lasten für die Welt ungleich verteilen, denn die Ozonverluste wachsen vom Äquator zu den Polen an. Und der

Rückgang der Weltproduktion an Nahrungsmitteln wird vor allem jenen Teil der Menschheit treffen, dem wir bereits heute nicht genug zum Überleben lassen.

Wohin mit unseren Forschungsmitteln?

(d) Auf der Hand liegt die Unterstützung von Projekten, die rasch wirksame Strategien für einen weltweiten Ausstieg aus der FCKW-Nutzung erkunden. Je weniger von diesen Gasen in die Luft entweicht, umso größer ist die Chance, daß der Ozonabbau maßvoll ausfällt. Denken wir pragmatisch, dann sollten wir Vorhaben fördern, die möglichst rasch technische Alternativen zur bisherigen FCKW-Verwendung erwarten lassen: Ersatzgase für die Kühltechnik und zum Aufschäumen jener Kunststoffe, die als Füllung von Matratzen und Autositzen sowie als Isolationsmaterial am Bau, in der Kältetechnik und für Fernwärmerohre Verwendung finden; Reinigungsmittel für die Grob- und Präzisionsreinigung in der Elektroindustrie; und nicht zuletzt Verfahren zur Rückgewinnung der Millionen Tonnen FCKW, die weltweit in Kunststoffschäumen gespeichert sind und sich in den Aggregaten von Kühlschränken befinden. – Aber müßten wir nicht auch erkunden, welche politischen und ökonomischen Zugeständnisse Länder wie Indien und China dazu bewegen könnten, sich internationalen Vereinbarungen zur Reduktion der FCKW-Produktion anzuschließen? Selbst wenn nur ein kleiner Teil der Weltproduktion dieser Gase ungeregelt bliebe, könnte das auf Dauer die Einsparbemühungen kompensieren. Allein für China rechnet man mit einer Steigerung des Pro-Kopf-Verbrauchs an FCKW bis zum Jahre 2000 auf das Vier- bis Fünffache des heutigen Niveaus.

(e) Zukunftsorientiertes Handeln ersetzt vorausschauendes Wissen nicht: Mit der Reduktion des FCKW-Verbrauchs läßt sich der drohende Ozonabbau eindämmen, sicher nicht aufhalten, denn es befinden sich bereits zehn, vielleicht zwanzig Millionen Tonnen FCKW in der Atmosphäre. Nach und nach erreicht ein wachsender Anteil dieser Verschmutzungen auch die in etwa 15 km Höhe beginnende Ozonschicht. In welchen Regionen der Welt wird die UV-Strahlung besonders ansteigen? Was bedeutet das für die Nahrungsmittelproduktion, was für das internationale Konfliktpotential? Wenn wir die Annahme teilen, daß Maßnahmen zur Eindämmung von Folgen des nicht mehr aufzuhaltenden Ozonabbaus desto wirksamer sind, je eher man weiß, was und wieviel auf die Welt zukommt, dann müßten wir auch über die Investition unserer Mittel für die Verbesserung von Prognosen nachdenken. Bisher verschwimmen die zu erwartenden Folgen des Ozonabbaus noch im Nebel globaler Modellrechnungen. Um genauer zu sehen, wären unter anderem umfangreiche Messungen zur Ermittlung der Ozonvertei-

lung über den Meeren und den Kontinenten sowie entlang der Breitengrade erforderlich. Wir könnten die Entwicklung gekoppelter Klima- und Chemiemodelle zur Beschreibung der stratosphärischen Ozonküche fördern und die Aufklärung über Herkunft und Verbleib derjenigen Spurenstoffe unterstützen, die, wie Methan, Halogenverbindungen, Stickoxide, ebenfalls am Abbau des Ozons beteiligt sind.
(f) Wenn wir kommenden Generationen helfen wollen zu bewältigen, was wir angerichtet haben, müssen wir auch frühzeitig über Möglichkeiten zur Kompensation der nicht mehr abzuwehrenden Folgen des Ozonabbaus nachdenken. Was kann man bereits heute tun, um einer drohenden Schwächung des menschlichen Immunsystems vorzubeugen? Welche Möglichkeiten bestehen zum Schutz von Kulturpflanzen? Wie läßt sich der Verlust an Ernteerträgen ausgleichen? Unterstützen wir Forschungen über den möglichen Rückgang der Biomasseproduktion in den Weltmeeren oder besser Untersuchungen, die die Folgen erhöhter UV-Strahlung auf Kulturpflanzen in Kombination mit anderen Streßfaktoren wie Insektenbefall und Krankheiten erkunden?
Wir können dem Dilemma unseres unvollständigen Wissens über die Zukunft nicht entgehen: Sollen wir, guten Absichten folgend, praktische Maßnahmen fördern, in der Hoffnung, daß sie rasch wirken? Oder sollen wir helfen, Wissenslücken zu schließen, in der Hoffnung, dann wirksamere Maßnahmen zu finden? Doch urteilen wir nicht zu schnell, denn wie groß das Ozonloch auch immer wird, darunter brauen sich die Treibhausgase zusammen.

3. Die globale Krise: der zusätzliche Treibhauseffekt

Das Leben auf der Erde hat sich nicht trotz, sondern wegen des Treibhauseffekts entwickelt. Ohne die wärmespeichernde Wirkung von Wasserdampf, Wolken und den in der Atmosphäre vorhandenen Spurengasen wie Kohlendioxid wäre die Erde weitgehend vereist. Statt etwa +15°C würde die globale Durchschnittstemperatur in Bodennähe −15°C betragen. Allerdings sind wir dabei, den Treibhauseffekt zu übertreiben. Alleine die Verbrennung von Kohle, Erdölprodukten und Gas setzt jährlich über 20 Milliarden Tonnen Kohlendioxid frei, ein bis zwei Milliarden Tonnen kommen pro Jahr durch die Brandrodung tropischer Wälder hinzu. Zwar dient ein Teil dieses Kohlendioxids dem Wuchs von Pflanzen. Ein anderer Teil löst sich im Wasser und verschwindet in den Tiefen der Weltmeere. Aber es bleibt genug übrig, um den Kohlendioxidgehalt der Luft Jahr für Jahr um

0,4 Prozent heraufzusetzen. Weitere Treibhausgase kommen dazu: Methan, das aus Mülldeponien, von Reisfeldern, bei der Viehhaltung und bei der Verbrennung von Biomasse entweicht; FCKW sowie Stickoxide, freigesetzt im Straßenverkehr und aus mineralischem Stickstoffdünger.
Vorhersagen über den zu erwartenden Temperaturanstieg variieren wieder mit den Annahmen über die Emissionsentwicklung und mit den Fehlerquellen der zugrundeliegenden Klimamodelle. Weitgehend akzeptiert scheint die Prognose zu sein, daß die Durchschnittstemperaturen in den nächsten 50 bis 100 Jahren zwischen 1,5°C und 4,5°C ansteigen, wenn der Kohlendioxidgehalt der Atmosphäre so weiter wächst wie bisher. Die möglichen Folgen: ein Anstieg des Meeresspiegels – bis zu fünf Metern, wenn das westantarktische Schelfeis schmelzen sollte; Verschiebung der Vegetationszonen; Verlust landwirtschaftlicher Nutzflächen; stärkere Wasserverdunstung in vielen Regionen der Erde, was die Wasserversorgung der Bevölkerung sowie das Überleben gewachsener Ökosysteme bedroht. Doch hüten wir uns vor der falschen Gleichmacherei jener, die von den Gefahren für »die Menschheit« reden. Der Temperaturanstieg mag weltweit zu mitteln sein – die Folgen sind es nicht: Die zu erwartenden Konflikte um die Verteilung der verbleibenden Ernteerträge, um besiedelbares und landwirtschaftlich nutzbares Land werden die reichen Länder für sich entscheiden. Vom Anstieg des Meeresspiegels sind besonders die tropischen Küstenländer, allen voran Bangla Desh und Java, bedroht, wo schon heute die Mittel fehlen, um die Küsten mit Deichen zu sichern.
Glaubt man den Modellrechnungen, dann ist die Verbrennung fossiler Energieträger bis zum Jahre 2050 weltweit um 50 Prozent zu reduzieren, um die Erhöhung der Durchschnittstemperaturen auf 1°C bis 2°C zu beschränken. Zudem müßten bis zum Jahre 2000 die FCKW-Emissionen und der Raubbau an tropischen Regenwäldern eingestellt sein. Weltweite Lösungen sind gesucht, die uns vor eine Fülle offener Fragen stellen.
(g) Denken wir praktisch, dann müßten wir unsere Mittel auf die Entwicklung möglichst rasch wirksamer Strategien zur Senkung des Verbrauchs an fossilen Energieträgern konzentrieren, die heute rund 88 Prozent des Primärenergiebedarfs der Welt decken. Das Sparpotential ist groß. In der Bundesrepublik beträgt das Verhältnis zwischen der eingesetzten Primärenergie und der tatsächlich als Wärme, Antrieb, Licht und Strom nutzbaren Energie etwa drei zu eins; in vielen anderen Ländern sind die Umwandlungsverluste noch größer.
Aber was folgt daraus? Ist es besser, Maßnahmen zur Eindämmung des energieintensiven Individualverkehrs zu erforschen, oder wäre es erfolgreicher, die Entwicklung sparsamerer Motoren zu beschleunigen? Sollten wir

Projekte fördern, die für Klein- und Mittelbetriebe finanzierbare Technologien zur Abwärmenutzung entwickeln, oder eher die Forschungen der Großindustrie über die Entwicklung energiesparender Produktionsverfahren unterstützen? Investieren wir unsere Mittel besser in der Bundesrepublik, in der Hoffnung, daß die Demonstration technisch und ökonomisch machbarer Einsparungen andere Länder zum Nacheifern motiviert? Oder wäre es sinnvoller, unser Geld für die Erkundung und Entwicklung von Maßnahmen für eine effiziente, sozial- und umweltverträgliche Energieversorgung in den zur Industrialisierung drängenden Ländern auszugeben? Selbst wenn der Energieverbrauch in den Industrieländern nicht mehr zunehmen und in den Entwicklungsländern pro Jahr nur um 0,7 Prozent ansteigen würde, wäre der weltweite Energiebedarf Mitte des nächsten Jahrhunderts doppelt so hoch wie heute. Wie will man die nach mehr Wohlstand strebenden Völker Asiens, Afrikas und Südamerikas zum Energiesparen bewegen, wenn der dortige Pro-Kopf-Verbrauch an Primärenergie vorerst nur ein Viertel bis ein Zehntel des Konsums in Europa beträgt?

(h) Einen Teil unserer Mittel sollten wir allerdings auch für die Erkundung geeigneter Strategien zur Eindämmung der Brandrodung in tropischen Regenwäldern investieren. Da die Ursachen für die Brandrodungen vielfältig sind – sie reichen von verfehlten Landreformen über die Not der Kleinbauern bis zu Landspekulationen und der Ausdehnung industrieller Rinderfarmen –, dienen politische Anklagen und ökonomische Sanktionen wohl eher der Bekundung guter Gesinnung als dem Erhalt der Wälder.

(i) Handeln tut not, doch niemand weiß, ob und wie schnell die aus der Sicht besorgter, aufgeklärter Wohlstandsbürger notwendigen Maßnahmen vom Rest der Welt akzeptiert werden. Man mag es bedauern, aber die Bereitschaft zur Abkehr von vertrauten Wegen der Lebensführung, der Produktion und der Politik wächst, wenn Prognosen den Trost der ungewissen Hypothese verlieren. Nicht zuletzt deshalb sollten wir auch Beiträge zur Schließung von Forschungslücken unterstützen: Bisher stehen nur unvollständige Daten zur Verfügung über die Emission von Kohlendioxid durch Brandrodung, über die Methanausdünstungen aus Reisfeldern und aus Abfallhalden. Zur Verbesserung von Prognosen benötigt man differenziertere Informationen über die Verteilung der Treibhausgase in der Atmosphäre und realistischere Simulationen der klimarelevanten Ozeanströme sowie der Wechselwirkungen zwischen Atmosphäre, Ozeanen, Eisschild, Biosphäre und den chemischen Abläufen in der Luft.[10] Und wir wissen noch wenig über den Einfluß von Klimaänderungen auf die landwirtschaftliche Produktion, auf die Versalzung von Böden infolge stärkerer Verdun-

stung und nicht zuletzt auf die Häufigkeit von Waldbränden, bei denen ja auch große Mengen Kohlendioxid in die Luft gelangen.

Verehrte Kolleginnen und Kollegen! Die drei von mir skizzierten Gefahren der Luftverschmutzung haben neun Aufgabenfelder offengelegt. Nach welchen Kriterien sollen wir unsere Mittel verteilen? Klassische Entscheidungshilfen wie die wissenschaftliche Qualität der zu erwartenden Ergebnisse, die Präzision, mit der offene Fragen benannt werden können, die theoretische Fundierung von Hypothesen und nicht zuletzt die begründete Aussicht auf die praktische Verwertbarkeit der zu erwartenden Erkenntnisse helfen uns nicht weiter. Man kann das alles für den Einzelfall prüfen, aber das macht die einzelnen Projekte im Hinblick auf ihre Förderungswürdigkeit nicht vergleichbar: Eine Analyse des Cadmiumgehalts im Blut und Urin von 600 Blutspendern aus verschiedenen Gebieten Bayerns arbeitet gewiß mit erprobteren Methoden als ein entwicklungspolitisches Projekt zur Erkundung von Hilfsmaßnahmen gegen die Brandrodung. Aber die erprobten und weithin akzeptierten Merkmale von Wissenschaftlichkeit sagen wenig über den zu erwartenden Nutzen förderungswürdiger Projekte. Langfristig gesehen, könnte die von einem Vorhaben angestoßene Debatte über Strategien zur Rettung der Regenwälder einen größeren Erfolg im Kampf gegen Umweltgefahren zeitigen als gut gesicherte Korrelationen zwischen der Cadmiumbelastung der Wohngegend und dem Cadmiumgehalt im Blut. Wir wissen das nicht vorher, aber selbst wenn wir den Erfolg einzelner Projekte vorhersehen könnten – woher nähmen wir die Gewißheit, richtig zu entscheiden? Wenn wir uns an den Gefahren für die späteren Generationen orientieren und die Mittel auf die Abschwächung der globalen Krisen Ozonloch und Treibhauseffekt konzentrieren, tun wir nichts für besorgte Eltern, die wissen wollen, wie sie ihre Kleinkinder vor unzumutbaren Innenraumbelastungen schützen können. Wir könnten unsere Mittel für die Erforschung der Immissionsänderung bei Einführung von Tempo dreißig in den Städten ausgeben, aber warum sollten wir nicht genausogut Projekte unterstützen, die eine medizinische Bewertung lokaler Immissionssituationen anstreben? Und wenn wir der Auffassung Glauben schenken, daß »Krankheit in erheblichem Ausmaß durch eine überzogene und unsachliche Darstellung von Umweltbelastungen verursacht wird«[11], dann müßten wir Forschungen über die Verarbeitung von Umweltinformationen fördern, um Hilfestellungen für eine produktive Bewältigung von Ängsten geben zu können.
Mit anderen Worten: Es mag heute zum guten Ton in den gehobenen Kreisen der Ökologie- und Umweltschutzbewegung gehören, »globale

Verantwortung« und die Orientierung am »Interesse des Ganzen« zu fordern, aber das weckt nur falsche Erwartungen. Es gibt keine Entscheidungen im Interesse der Gesellschaft oder gar der Menschheit, und wer immer so redet, lenkt von der Herausarbeitung der eigentlichen Probleme ab. Was wir auch tun oder lassen, wir spielen nicht Schicksal, wir verteilen es.

Gewiß, ich höre bereits die Einwände derjenigen, die uns vorwerfen, wir hätten unsere Entscheidungsprobleme nur deshalb, weil wir an Symptomen der Luftverschmutzung herumbasteln wollten, statt ihre Ursachen anzugehen. Aber – wer oder was ist schuld am Ozonloch oder am Treibhauseffekt? Die unmittelbaren Ursachen der Umweltprobleme sind zwar alltäglich zu beobachten: rauchende Fabrikschlote, qualmende Schornsteine und Auspufftöpfe, Abwasserleitungen in Flüsse und Meere, aufgetürmter Müll. Aber das ist nur die – zugegeben schmutzige – Fassade der Industriegesellschaft. Versucht man, dahinter zu schauen, um zu erkennen, warum nicht umweltfreundlicher produziert, transportiert und konsumiert wird, dann steht man vor einem unüberschaubaren Labyrinth von Verhaltensgewohnheiten, Interessen, ökonomischen Kalkülen, rechtlichen Bestimmungen, Handelsbeziehungen, Arbeits- und Lebensbedingungen und Traditionen. Niemand ist in der Lage, all diese Einflüsse auf die gegenwärtige Umweltsituation zu überblicken oder gar in Beziehung zueinander zu denken. Und weil sich jeder unter der ökologischen Verträglichkeit eines Umweltzustandes etwas anderes vorstellen kann und es sehr verschiedene Ansprüche an die heutige und zukünftige Qualität des knappen Gutes »saubere Luft« gibt, bringen uns weder die Verheißungen über die Versöhnung von »Ökonomie und Ökologie« weiter[12] noch die Ratschläge über einen ökologischen Umbau der Gesellschaft: Umbauen, nach Plan, kann man ein Reihenhaus, Zimmer für Zimmer, wenn man nicht zu stürmisch vorgeht. In der Zwischenzeit lassen sich die darin lebenden Menschen ausquartieren, und die Versorgungsleitungen des Hauses kann man, wenn nötig, ohne weiteres unterbrechen. Aber die in einer Gesellschaft lebenden Menschen verhalten sich nicht planideal. Jede Intervention in die Gesellschaft erzeugt unvorhersehbare Nebenwirkungen, die den guten Absichten zuwiderlaufen können. Und wer will angesichts weltweit miteinander verflochtener Absatz-, Finanzierungs- und Versorgungsströme wirklich guten Gewissens behaupten, er habe sozialverträgliche Wege für die ökologische Umgestaltung der Industriegesellschaft zu bieten? Zufluchtsstätten für gutgemeinte Absichten gibt es zur Genüge, aber ich sehe keinen umweltpolitischen Königsweg, nicht einmal einen Tugendpfad, der uns die Entscheidung für den optimalen Einsatz unserer Mittel erleichtern könnte. Die Rettung der Regenwälder, der Schutz kleiner Kinder vor Pseudokrupp, die Verringerung des Krebsri-

sikos in der Großstadtluft und die Unterstützung einer umweltverträglichen Energieversorgung für die Länder der Dritten Welt lassen sich nicht gleichsinnig optimieren. Der Umweltschutz hat längst die Unschuld der guten Tat verloren.
Ich bitte um Ihre Vorschläge...

Anmerkungen

1 Vgl. Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.), *Vierter Immissionsschutzbericht der Bundesregierung*, Bonn 1988, S. 10 ff.; Deutscher Bundestag, Referat Öffentlichkeitsarbeit (Hrsg.), *Schutz der Erdatmosphäre: Eine internationale Herausforderung*. Zwischenbericht der Enquete-Kommission des 11. Deutschen Bundestages »Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre«, Bonn 1988, S. 488.

2 Vgl. Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.), *Auswirkungen der Luftverunreinigungen auf die menschliche Gesundheit*, Bonn 1987, S. 39-41.

3 Vgl. Norbert Engler, *Pseudokrupp und Luftqualität*. WaBoLu-Heft 5/1987 des Instituts für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Bundesgesundheitsamtes, Berlin 1987, S. 21 ff.

4 Vgl. als Überblick: Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.), 1987, a. a. O., S. 45, 50, 65.

5 Vgl. zum Beispiel: Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften e. V. (Hrsg.), *Dokumentation des Berufskrankheitsgeschehens in der Bundesrepublik Deutschland*, Bonn 1983.

6 Ausführlicher: Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.) 1987, a. a. O., S. 87 ff.; Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen, *Umweltgutachten 1987*, Bonn 1988, S. 258 f., S. 440 ff.

7 Zur Übersicht: Projektträgerschaft Umweltschutztechnik in der Deutschen Forschungs- und Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt (Hrsg.), *Umweltschutztechnik 1988*, Bonn 1988.

8 Deutscher Bundestag, Referat Öffentlichkeitsarbeit (Hrsg.), a. a. O., S. 24.

9 Ebd. S. 282 ff., S. 308-311.

10 Vgl. ebd. S. 445 ff. und H.-J. Bolle, »Führt der Anstieg atmosphärischer Spurengaskonzentrationen zum ›Klimakollaps‹?«, in: *Physikalische Blätter*, 43. Jg. 1987, H. 7, S. 240-247.

11 Lenore Arab-Kohlmeier, »Welche Rolle spielen Umweltbelastungen für unsere Gesundheit?« Referat auf dem Kongreß »Die Gesundheit der Bundesbürger«, 24.-28. Mai 1988, Berlin 1988, S. 4. Siehe auch: Philip Abelson, »Cancer Phobia«, in: *Science* Vol. 237, 31. 7. 1987, S. 473; Arthur Barsky, »The Paradox of Health«, in: *The New England Journal of Medicine*, Vol. 318, Nr. 7/1988, S. 414-418.

12 Alles Nötige dazu bei Hubert Markl, *Natur als Kulturaufgabe*, Stuttgart 1986, S. 286-295 und 334-355; für eilige Leser: ders., »Die Natur schlägt zurück«, in: *Die Zeit* Nr. 50, 4. 12. 1987, S. 82.

Der letzte Atem

Dann kam die Wartezeit, lange Stunden. Ich habe sie deutlich in Erinnerung. Nach der ersten Stunde war es nicht mehr nötig, irgend etwas für meinen Vater zu tun. Er lag ruhig und ohne Bewußtsein in seinem Bett, stöhnte nicht mehr, schien auch für nichts mehr ein Gefühl zu haben. Sein Atem hastete; ich mußte ihn, fast unbewußt, nachahmen. Dieses Atemtempo vermochte ich aber nicht lange durchzuhalten, gestattete mir daher Ruhepausen und hoffte, damit auch den Atem des Kranken ruhiger zu machen. Der aber arbeitete unermüdlich weiter. Wir versuchten vergeblich, ihm einen Löffel Tee einzuflößen. Ein wenig kehrte sein Bewußtsein immer dann zurück, wenn er sich wehren wollte. Dann schloß er energisch die Zähne. Auch in diesem Zustand verließ ihn seine ewige Halsstarrigkeit nicht. Schon vor Morgengrauen ging seine Atmung anders. Sie hielt zeitweise ganz an, ging hierauf in regelmäßige Atemzüge über, die denen eines Gesunden ähnlich waren, wurde plötzlich wieder hastig, um dann wieder ganz auszusetzen. Es gab entsetzliche Pausen, die Maria und ich jedesmal als den Beginn des Sterbens auffaßten. Aber die sonderbaren Rhythmen des Atems begannen in gleichen Abständen immer aufs neue, um in gleicher Weise abzubrechen; es waren musikalische Rhythmen von unbeschreiblicher Traurigkeit, ohne alle Farbe. Dieses Atmen, das nicht immer gleichmäßig, aber immer gleich geräuschvoll war, wurde fast zum Bestandteil des ganzen Raums. Und noch lange nach jener schrecklichen Nacht ist es dort haften geblieben.

Italo Svevo: Zeno Cosini (1923); © 1987 Rowohlt; Üb. Piero Rismondo

HANSER

Brisant, provokativ und aktuell - Themen unserer Zeit

Der bundesweit anerkannte Subkultur-Spezialist legt mit seinem Buch ein Resümee der vergangenen Jahre mit Blick auf die Neunziger vor. Boshafte Überlegungen, ironisch und irritierend zugleich.

240 Seiten. Broschur.
DM 19,80

Zweihundert Jahre dramatische Auseinandersetzung mit den Prinzipien Freiheit, Gleichheit, Brüderlichkeit. Über deren Geltung damals, heute und in Zukunft muß neu nachgedacht werden.

112 Seiten. Broschur.
DM 16,80

›Invasion‹ und ›Abwehrkampf‹ auf der einen Seite ›Untergang der Menschheit‹ auf der andern. Dieser Essay untersucht, welche unheilvolle Rolle die für Aids verwendeten Metaphern spielen.

100 Seiten. Broschur.
DM 14,80

Hans Pleschinski
Im Dunstkreis der Gasmaske

Es geht eine dunkle Wolk' herein:
Mich dünkt, es muß ein Regen sein,
Ein Regen aus den Wolken,
Wohl in das grüne Gras.

Vielleicht hat Herr Müller, der Wohnungsnachbar, sie hinten im Kleiderschrank. Vielleicht ist auch Fräulein Schulze von gegenüber heimliche Eigentümerin. Die ›Z 56‹ ist, ohne Filteraufsatz, nicht teuer. Im gut sortierten Porno-Shop ist die ›Z 56‹, zumeist in der Sado/Maso-Gummi-Abteilung, für bereits 39 DM 80 zu haben. Die ›Z 56‹ ist fast unverwüstlich: Zwei Kopfbänder aus Butylkautschuk, Pendelatmung-Ventile, wenig störender ›Totraum‹ zwischen Mund/Nase und Filteranschlußgewinde, beschlagfreie runde Sichtfenster für 70 Prozent des Normalsichtbereichs. Diese robuste Zivil- oder Gasschutzmaske wurde 1956 entwickelt und erst 1965 bundesweit durch das weiterentwickelte Modell ›M 65 Z‹ ersetzt. Seither taucht die ›Z 56‹ im freien Handel auf und kann u. a. dazu dienen, Herrn Müller oder Fräulein Schulze, beide gemeinsam, bei einer sonderlichen sexuellen Vereinigung in antlitzlose, lüsterne Gummi-Insekten mit rutschfester Gasmaske zu verwandeln.

Und kommst du, liebe Sonn', nicht bald,
So welkt alles im grünen Wald,
Und all' die bunten Blumen,
Die haben müden Tod.

Aus unterschiedlichen Gründen hat sich der Mensch schon immer maskiert. Der Kopf ist die Zentrale der geistigen, der magischen Kräfte. Der Besitz des Schrumpfkopfes potenziert die Macht des Schrumpfkopfbesitzers um die Macht des imprägnierten Feindes. Nur äußerlich Bescheideneres meint der Besitz des Skalps. Den eigenen Kopf muß man retten. Fremde Köpfe muß man sich aneignen. Die Maske meint einen anderen Kopf als den eigenen. Der erste Mensch mit Maske ist an die eiszeitlichen Höhlenwände von Lascaux gemalt: Der Jäger nimmt das Beutetier in Besitz, indem er sich zum Beschwörungstanz eine Tiermaske überstülpt. Trophäenschädel, Tier-

köpfe, Totenmasken rund um die Welt und durch alle Kulturen zielen auf dasselbe: Gegner, Beute, Ahnen, ihre Köpfe sollen den Lebenden dienstbar sein. Allein die Schönheitsmasken von ›Revlon‹ oder ›Ted Lapidus‹ verfolgen den Zweck, frische Kräfte aus dem eigenen Gesicht zu zwingen.

Es geht eine dunkle Wolk' herein:
Mich dünkt, es wird ein Angriff sein,
Ein Angriff von den Feinden
Mit dunkelgrünem Gas.

Schönheitsmasken basieren häufig auf Gurkensaft oder essigsaurer Tonerde. Schamanische Larven, Schandmasken für die Hexen im Salzburgischen, die Totenmaske von Mykene, die Schembärte der Nürnberger Fasnacht, die Butzenantlitze von Rauhnachtkobolden dienten in porösen Zeiten dem Transfer fremder Wesensmächte in die eigenen Daseinsumstände. Ganz andere Masken, Masken, die das physische Leben erhalten oder retten, Pneumatophoren, Pneumatogene, Respiratoren, Gasmasken sind neueren Datums. Ihre Erfindung hängt damit zusammen, daß Menschen sich fast immer schon auch mittels der Vergiftung von Atemluft gegenseitig das Licht ausblasen wollten. Und selbst die Teufel des *Faust II* widerstanden ohne Atemschutz nur mit Pein den Lungenbrechern:

»Wir fanden uns bei allzugroßer Hellung
In sehr gedrängter unbequemer Stellung.
Die Teufel fingen sämtlich an zu husten,
Von oben und von unten auszupusten;
Die Hölle schwoll von Schwefelstank und Säure,
Das gab ein Gas! Das ging ins Ungeheure ...«

Die hausgemachte Hölle auf Erden, der bio-chemische Krieg ist älter, als es die Schutz-Elaborate sind: Während des Peloponnesischen Kriegs füllten ingeniöse Spartaner Eisentöpfe mit Schwefel, Harz, Pech und Holzspänen und katapultierten die glühenden Bio-Bomben in die Phalanx der Athener. Quintus Sertorius war ein römischer Feldherr, der die iberischen Charakitaner romanisieren wollte: Der spätere Protagonist einer schwächeren Tragödie Corneilles ließ nachts Asche zu einem kleinen Damm aufschütten. Bei günstigem Wind mußten Soldaten und Pferde die Anti-Charakitaner-Asche aufwühlen. Geblendet und unter Husten soll bald darauf der Stamm tributpflichtiger Nutznießer der Pax Romana geworden sein.

Das ›Griechische Feuer‹, durch das Byzanz sich lange gegen die Eroberung durch Mohammedaner verwahrte, war die lodernde, beizende Bio-Superwaffe des Früh- und Hochmittelalters. Der Edward Teller des frühen schwimmenden Napalms, des oströmischen Staatsgeheimnisses aus Pech und Petroleum, hieß Kallinikos und stammte aus Syrien.

Der umfassende Aufbruch der Menschheit zu neuen Ufern während der Renaissance schlug sich auch in der Optimierung von Giftanschlägen auf das Atemzentrum nieder. Wulff von Senftenberg war Ritter, im übrigen nicht der Erfinder eines Senftgases, aber dennoch ideenreich. Nicht gegen Lutheraner, doch gegen die Türken empfahl der Tiroler Edelmann 1570 dem Wiener Hof die Verwendung von Arsenikkugeln. Dreißig Jahre darauf kehrte der italienische Arzt Fioravanti di Bononia sein kurierendes Wissen ins Satanische um. Zum Knacken von mailändischen *und* genuesischen Festungen schlug er den Genuesern *und* Mailändern das Abfeuern von Kugeln mit Terpentin, Menschenkot, Schwefel und speziellem ›Aas-Öl‹ vor. Der Geruch eines solchen platzenden Gemisches sollte selbst einen Landsknecht ohne Geruchssinn von der Zinne ins Freie hinabspringen lassen.

Artis Magnae Artilleriae Pars Prima heißt das Fachbuch eines polnischen Generalleutnants, in dem 1650 erstmals eine Stielhandgranate angepriesen wird. Gefüllt mit Arsen, Antimon und Schwefel sollte sie den damit Beworfenen verätzt zu Boden gehen lassen. Etwas früher hatte Leonardo da Vinci etwas Ähnliches für Cesare Borgia ausgetüftelt und skizziert: Die Leonardo-Granata war gestopft mit Grünspan, Schwefelarsenik plus ungelöschtem Kalk.

Über den Einsatz und die Wirkung all dieser frühneuzeitlichen Exitus-Förderer ist nichts bekannt. Möglicherweise krepierten Dr. Bononias Scheißbomben im eigenen Mörserrohr. Möglicherweise verdampfte das Aas-Öl, wenn es am Harnisch hinabrann. Möglicherweise wurde ungelöschter Kalk bei feuchter Metzelei-Witterung in Sekundenbruchteilen zu gelöschtem Kalk und puderte nur die ersten Perücken. Leonardos Malerei war von Anfang an perfekter.

Mordende Luft, ätzender Äther, die innere Strangulierung wurden erst im 19. Jahrhundert wieder zum Thema etlicher Apotheker und schließlich der Kriegs-Wissenschaftler und Strategen. 1813 rückte Napoleon nach der Schlacht von Bautzen auf Berlin vor. Der Korse hatte die Kriegskunst revolutioniert; ein Berliner Apotheker wollte sie in der Not nochmals vorantreiben. Er riet dem General v. Bülow, die Bajonette durch lange Pinsel zu ersetzen. Die Pinsel konnten mit Blausäure getränkt werden. Der preußische Offizier alten Kalibers verzichtete jedoch »auf solche Pinseleien«. Seit 1830 wurde es dann endgültig ernst mit den mühsam erforschten Angriffen auf die Atemwege, die starren Bronchien, die zarten Lungenbläschen des modernen Menschen. Mit seinem ›Obus asphyxiant et incendiaire‹ erfand ein Apotheker aus der Porzellanstadt Sèvres die Ur-Gas- und Brandgranate. Ein anderer Franzose, Oberst Pélissier, beschleunigte die französische Befriedung von Algerien dadurch, daß er 1845 mit Holzrauch den

Stamm der Ouled-Rhia zur Strecke brachte. Die Araber hatten sich vor den Franzosen in einem Höhlensystem in Sicherheit gebracht. Die ersten 1100 Gastoten wurden gefunden. Aus Kämpfen wurde das ›Beseitigen‹, wurde der Krieg, der bequem zu sein schien.

Die Zivilcourage, der Altruismus, die Humanität der ersten modernen Krankenschwester, Florence Nightingale, gehören zur Geschichte des Krimkriegs (1854–1856). Neben der Rot-Kreuz-Vorgängerin ist jedoch auch Dr. Stenhouse zu erwähnen, Mitglied der Königlich Schottischen Gesellschaft für Wissenschaften und Künste. Dr. Stenhouse war es, der bei einem Vortrag in Edinburgh 1854 das Seinige zur Eroberung von Sewastopol beitragen wollte: »Der Wunsch nach einem kurzen und entscheidenden Kriege hat zur Erfindung von sogenannten erstickenden Granaten geführt, die beim Platzen nicht-atembare Dämpfe verbreiten. Eine zur Füllung dieser Geschosse vorgeschlagene Flüssigkeit ist stärkste Ammoniaklösung.« Allerdings: Ammoniak wurde nicht in die Zaren-Armee geschossen. Die Windverhältnisse auf der Krim waren zu unbeständig, und der britische Generalstab wollte nicht selbst Reißaus nehmen müssen. Stenhouses ergänzende Gaskriegs-Novität kam für diesen Krieg zu spät, der ›Holzkohle-Respirator‹, das erste umständliche Gasschutz-Gerät der Weltgeschichte.

Die Maske an der Deutsche zieht,
Voll Sturmeslust sein Herz erglüht.
Er geht dem Gas entgegen;
Der Feind, der stockt verlegen.

Der Begriff ›Gas‹ ist ein Kunstprodukt. Es hat keinen anderen Ursprung als die phonetische Fantasie des niederländischen Spätalchimisten und Frühchemikers Johann Baptist van Helmont: »hunc spiritum, incognitum hactenus, novo nomine gas voco«. Gas ist ein Aggregatzustand. Gas kann noch mehr dämonisiert werden als die nicht zu greifende Elektrizität, denn Gase können farb- und geruchlos sich in jede Richtung ausbreiten, geräuschlos im schlimmsten Fall den Tod mit sich bringen. Mit ›Gas‹ und ›Gas. Zweiter Teil‹ betitelte Georg Kaiser 1918/19 zwei expressionistische Dramen, in denen die Energien oder die Bedrohlichkeit eines Gaswerks für gefahrvolle Fortschrittlichkeit stehen.

»*Ingenieur:* Stimmt – und stimmt nicht! An die Grenze sind wir gestoßen. Stimmt – und stimmt nicht! Dahinter dringt kein Exempel. Stimmt – und stimmt nicht! Das rechnet sich selbst weiter und stülpt sich gegen uns. Stimmt – und stimmt nicht!

Milliardärssohn: Das Gas – –?!

Ingenieur: – blutet im Sichtglas! flutet an der Formel vorbei rot im Sichtglas! – schwemmt aus der Rechnung in Richtung für sich! –... (Ein Zisch-

laut zerspleißt die Stille draußen – malmender Donner kracht los: die Schlote knicken und fallen um. Rauchlose Ruhe.)«

Bis zum 22. April 1915 bedrohten Gase selten die Menschen, die unter offenem Himmel atmeten. Gase, vor allem Kohlenmonoxid, bedrohten eher Bergleute. Bis ins 19. Jahrhundert wurden Singvögel mit in die Schachttiefe genommen, wurde der Käfig unter die Stollendecke gehängt. Bei einem Schlagwetter verstummte zuerst der Pirol, wenn das leichte, tödliche Monoxid aufstieg. 1793 konstruierte Alexander von Humboldt einen Atemsack-Tornister für Grubenbereiche, wo der Sauerstoffgehalt unter die feine 12-Prozent-Marke sinken konnte. Vergleichbare, verbesserte ›Selbstretter‹, ›Pneumatophoren‹ und ›Pneumatogene‹ führten auch Engländer und Franzosen ein. Es waren allesamt die Vorgänger der modernen Sauerstoffgeräte, bei denen isolierte Atemluft mittransportiert wird. Vorläufer des Luft-Filtergeräts hingegen, also der Gasmaske, ist der Bart des Feuerwehrmannes. Vor der Erfindung primitiver ›Mundschwämme‹, vor der epochalen ›Deutschen Heeresgasmaske Modell 1915‹ war es der obligatorische Bart, den der Feuerwehrmann beim Einsatz sich in den Mund zu stopfen hatte. Bis 1880 trotzten die Brandwehren auf diese Weise – oft auf Kosten des Lebens – den Brandgasen. »Einige Glas medizinischer Tokaier, ein Schälchen Honig, ein Quantum (!) echtes Bier und nachher ein Tartarbeefsteak haben uns meistens wieder auf die Beine gebracht«, lautete in einer Brandstellenanweisung von 1880 der Zuspruch an die frühe Berufsfeuerwehr.

1915 wurde aus dem Feuerwehrbart die moderne Gasmaske. Bis zur Aufstellung eines ›Gas-Regiments Peterson‹, einer Larven-Horde im selben Jahr, war aus dem Atemsack von Humboldt das moderne Preßluftgerät geworden, womit sich ein paar Stunden lang sogar im sauerstofflosen Raum atmen ließ. Was nämlich für den zivilen Katastrophenschutz entwickelt worden war – Luft-Filtergerät oder Isolierapparat –, wurde von 1915 an Massenware am ›Bogen von Ypern‹.

Die deutsche Maske vor dem Gesicht,
Doch offen deutsch der Kolben spricht.
Der Feind mit giftigen Gasen
Aus letztem Loch tut blasen.

Professor Friedrich Haber war Mitglied des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Elektrochemie und während des Ersten Weltkriegs Leiter der kriegschemischen Abteilung im preußischen Kriegsministerium. Auch noch in den zwanziger Jahren bekannte sich der führende Massenmörder auf seine Weise zu den ca. 800 000 Gastoten des europäischen Abschlachtens: »Die Gaswaffe stellte an die Moral und die Intelligenz des Soldaten die höchste

Anforderung, sie forderte zu einer Auslese der Tüchtigen heraus und schied wie Spreu vom Weizen die Mannschaft, die vermöge ihrer Gasdisziplin standhielt, von der soldatisch minderwertigen Rasse. Somit engte Gas den Kreis der Menschen, die in einem modernen Kampfe bestehen konnten, in ganz besonderem Maße ein. Der Ausfall war um so größer, je tiefer in kultureller Beziehung der Soldat stand. Es hat sich gezeigt, daß Naturvölker, wie Russen und farbige Völker, dem psychischen Drucke eher unterlagen als die kulturell höher stehenden Deutschen, Amerikaner, Engländer und Franzosen.«

Vier Jahre Weltkrieg mit neun Millionen Opfern sind die vorläufige Zenit-Zeit für Luftvergiftungsmühen, ›Gas-Schutz‹ und ›Gas-Disziplin‹. Man gedachte, einander totzusprühen wie Insekten, hatte plötzlich selbst Luft durch den Filter einzusaugen. Das neue Visier war etwas Elendigliches. Dabei hätte es vertraglich und völkerrechtlich a) keinen Blasangriff, b) keine Schwadenbeschießung, c) kein Gasbrisanzschießen geben dürfen. 1899 und 1907 hatten die ›Haager Friedenskonferenzen‹ stattgefunden. Dort war in Artikel 23e der ›Haager Landkriegsordnung‹, die Ordnung in den Krieg bringen sollte, verbindlich festgelegt worden: »Es ist verboten, Waffen, Geschosse oder Substanzen einzusetzen, die unnötige Leiden verursachen... Die Splitterwirkung eines Geschosses muß immer die Giftwirkung übertreffen.« Nur die amerikanische Seite hatte diesen Passus nicht unterzeichnet: »Vom humanen Standpunkt aus ist es nicht grausamer, die Feinde mit giftigen Gasen zu ersticken, als sie im Wasser mit Hilfe von Torpedos zu ertränken; jedes neue Kampfmittel hat man immer zunächst als barbarisch bezeichnet und schließlich allgemein angenommen.« Maréchal Joffre ließ 1914 als erster Feldherr Granaten mit Bromessigester an die Front beordern. Es war das erste Tränengas. Mit ihm war 1912 die Pariser Polizei aufgerüstet worden. An der Front verpuffte der zivile Reizstoff effektlos. Wenige Monate später war der Deutsche Kaiser überredet, der kaiserlichen Erstickung von Franzosen und Engländern durch Chlorgas zuzustimmen. 12 000 Gasflaschen wurden im April heimlich an die Front bewegt, um den ›Bogen von Ypern zu begradigen‹. Aus dem Bericht an die Oberste Heeresleitung:

»Am 14. April, 11 Uhr 30 abends, wurde zum ersten Mal der Befehl zum Abblasen erteilt; dieser Befehl wurde am 15. April, 2 Uhr 45 morgens, infolge ungünstiger Witterung zurückgenommen.

Erst bei der dritten Bereitstellung in der Nacht vom 21. zum 22. April erfolgte der Angriff.

Um 6 Uhr nachmittags wurden auf der Nordfront auf einer Breite von 6 km die Flaschen aufgedreht.

Um 6 Uhr 05 trat die Infanterie zum Sturm an.«
Die Infanterie fand nur noch verröchelnde Gegner. Der britische Heeresbericht nennt am 23. April 1915 350 Gastote und 7000 ›Gas-Beschädigte‹. Die Zahl der deutschen Gastoten war geringer, aber etliche der 12 000 Bleirohr-Flaschenventile hatten sich unter dem Gasdruck in die deutschen Gräben gebogen.
Die moderne Gasmaske entstand mit Ypern. Während die Soldaten sofort oder an den Chlor-Spätfolgen starben, überlebten die Schweine der Gegend. Die Schweine bei Ypern hatten ihre Rüssel in die nasse Erde gebohrt; das Erdreich hatte die Gaspartikel aus der Luft gefiltert. Vor dem nächsten Überfall rüsteten die Engländer ihre Truppen mit Glas-Flaschen aus: Beim Ertönen der Gasglocke mußte der Flaschenboden abgeschlagen werden, und nach dem Schweineprinzip war dann durch den Boden Mailuft einzusaugen. Auch das Atmen durch Stoff, getränkt mit Urin, wurde angeraten.
»Unangenehm waren dagegen die häufigen Gasminenüberfälle, die manches Opfer forderten. Sie erfolgten durch mehrere hundert in die Erde eingebaute Eisenrohre, die elektrisch in einer flammenden Salve entladen wurden. Sowie der Feuerschein aufleuchtete, wurde Gasalarm geschrien, und wer bis zum Einschlag die Maske nicht vor dem Mund hatte, war übel dran. An mancher Stelle erreichte das Gas indessen eine fast absolute Dichte, so daß auch die Maske nichts mehr half, weil einfach kein Sauerstoff zum Atmen geblieben war... Im Krieg lernt man gründlich, aber das Lehrgeld ist hoch.« (E. Jünger, *In Stahlgewittern*)
Das Erstickungsblasen nahm seinen Verlauf; derweil formulierte Professor Haber in Dahlem das ›Haber'sche Tötlichkeitsprodukt‹, das einer zeitgenössischen Quelle zufolge so lautet:
»$\frac{\text{mg Stoff}}{\text{cm Luft}} \cdot \Delta\, t$ = Grad des Gasschadens, was meint zwanzig Sekunden im Senfgas = Exitus.«
Bald nach Ypern konnten neuere Kampfstoffe systematisiert werden. 54 Sorten wurden probiert, nur ein Bruchteil erwies sich als zuverlässig mörderisch:
1. Reizstoffe (Blaukreuzkampfstoffe, z. B. Blausäure, Bromazeton, Xylylbromid)
2. Erstickende Kampfstoffe (Grünkreuz, Lungengifte)
3. Hautreizende Kampfstoffe (Gelbkreuz, Senfgas)
Bald nach Ypern waren Gasmasken entwickelt, die jedoch sämtlich wirkungslos waren, wenn etwa Senfgas, Lost (ersonnen von den Chemikern *Lo*mmel und *St*einkopf), durch ein beschädigtes Trommelfell in die Mund-

höhle drang. Mustergültig wurde ab 1915 die deutsche ›Liniengasmaske‹. In ihrem Filter befanden sich Aktivkohle, die Gaspartikel physikalisch band, und eine Schicht alkalischer Substanz, die chemisch wirkte. Dieser Trokkenfilter war den Entente-Feuchtfiltern der Masken ›Tampon P 1‹ oder der ›Masque Tambuté Nouveau‹ überlegen. Rußland gab im Sommer 1916 die ›Zelinski-Kummandt-Maske‹ aus, quasi ein Sack vorm Gesicht, bei dem an ein Ausatmungsventil nicht gedacht worden war: »Wenn uns die deutschen Gase nicht töten, so tötet uns die russische Gasmaske«, entdeckte der zaristische Soldat für sich. Verheerender noch als der frühe russische Atemschutz, wo der Mensch an seiner ausgeatmeten Luft erstickte, war das italienische National-Kriegsprodukt ›Maschera Polivalente‹: 32 mit Rizinusöl und Salzen präparierte Mullbinden nützten im neuen Schrecken gar nichts. 8000 italienische Maskenträger lagen nach der Isonzo-Schlacht tot in den Felsen.

»Die Gasanhäufung im italienischen Graben war so dicht, daß die Masken völlig versagten. Die Minen aber waren zudem noch mit Einlagen aus Petroleum versehen, das bei der Explosion zerstäubte und brennend den Stoff der Gasschutzmaske durchlöcherte. Artilleriebrisanzfeuer setzte zu gleicher Zeit von der deutschen Front ein. Sie lagen da, Pferde und Hunde darunter, krümmten sich, platzten, stießen, einer irrsinniger als der andere, lallende Laute aus, man konnte schon von Kopfwunden, Fleischwunden, Knochenschüssen nicht mehr reden: das ganze italienische Bataillon war einfach zu einer breiigen Masse zusammengestampft, die Schwaden zogen in die Unterstände ein, räucherten sie aus, erhoben sich, senkten sich und marschierten nun als unheimliche Kolonne weiter in das Hinterland. Jeder Instinkt, jedes Denkvermögen hörte auf. Selten noch gab es irgendwo im Tod einen Kampf Maske gegen Maske.«

$(CHCl\text{-}CH)_3As$ (Levisite) oder Der einzig gerechte Krieg, so nannte 1926 Johannes R. Becher den wohl einzigen Roman-Versuch zum Gaskampf von 1915 bis 1918. Das ewige Rätsel bleibt, warum ein paar Millionen Soldaten nicht ihr Gewehr wegstellten und nach Hause fuhren.

Zum Zeitpunkt des Waffenstillstands von Compiègne war aus dem Biß des Feuerwehrmanns in seinen Bart, war aus dem Rüsselvergraben der Schweine von Ypern die fast schon ausgereifte, moderne Gasmaske geworden. Die ›Deutsche Ledermaske 1918‹ besaß einen Drei-Schichten-Filter, ›Klarscheiben‹ aus Cellon, die gegen das Beschlagen mit Gelatine versehen waren. Die ›Gas-Brille‹ wurde von der Industrie im Bedarfsfall mitgeliefert. Im ›Gas-Raum‹ wurden dem modernen Heer drei Maskengrößen angepaßt. Bei Kniebeugen und Singen-unter-Maske erwies sich die Luftdichte des Rahmens, oder nicht. Die Entente Cordiale baute den deutschen Trocken-

filter nach. In den USA wurde der 9. November zum ›Gasmask-day‹ ausgerufen; die Tagungslosung lautete: »Eat more coconut!« Kokoskohle wurde von den Amerikanern anstelle der deutschen Aktivkohle als Filterungsschicht benutzt. Nach dem Satteln legten die Reste der abendländischen Kavallerien auch den Pferden Gasmasken an. Für den Ritt durch den ›Gas-Sumpf‹ schnallte ein Offizier des ›Gas-Regiments Petersen‹ sich die Preßluftflasche auf den Rücken, zog dem Pferd gegen Bodengase die ›Gas-Schuhe‹ über. Doch zum Zeitpunkt des Waffenstillstands bot auch die perfektionierte Gasmaske mit Gelantine keine Gewähr mehr gegen den chemischen Tod.

Der Vernichtungskampf fand zudem seine sprachlichen Höhepunkte: Die Schaffung ›bunter Räume‹ durch ›Buntschießen‹ nannte die kaiserliche Heeresleitung das Verfahren, im Fugen-Prinzip Grünkreuz und Blaukreuz und Gelbkreuz zu verschießen, dazu ein Quantum Sprengmunition. ›Bunte Räume‹ waren Massengräber. Kriegsverbrecher Professor Haber, mittlerweile im preußischen Kriegsministerium, sprach auch im Sinne seiner Kollegen in den Giftlabors von Vincennes und Porton Down in der Grafschaft Wiltshire, als er sagte: »Wo es stinkt, da hört bei den meisten Menschen die Tapferkeit auf.« Tapfer und gentlemanlike zeigten sich nur ein paar englische Flieger: Sie verweigerten 1915 den Befehl zum Abwurf von Blausäure-Bomben über deutschen Gräben.

Es geht eine dunkle Wolk' herein:
Engländer und Franzosen schrei'n,
Rumänen, Russen, Serben
An deutschen Hieben sterben.

Der Kellog-Pakt (1928) ächtete den bio-chemischen Mord; parallel dazu bereiteten sich die Nationen auf den Eventualfall vor, den nunmehr denkbaren ›aero-chemischen Krieg‹ mit Gastoten in jedem Winkel eines Landes. In einer Anweisung der LOPP, des polnischen ›Gasschutzbundes‹, heißt es 1928 u. a.: »Der Gasschutz der Kinder wird in der Form gefördert, daß man ihnen als Prämien in der Schule Zwecksparbücher zum Maskenankauf aushändigt.« Estland hatte seit 1928 die Einrichtung ›Protiwo-Wosduschnaja-Oborana‹, einen ›Gasschutzrat‹. Finnland lebte mit einer ›Gasschutzliga‹; zum Überleben, auch in einem Gartenhaus des 20. Jahrhunderts, wurde empfohlen: »Von außen werden Latten, von innen Bretter an die Fensterrahmen genagelt, der Zwischenraum wird mit Erde oder Sand gefüllt. Herd- oder Schornsteinöffnungen werden mit Lehm vollständig geschlossen. In Blockhäusern werden die Innenwände und die Unterseite der Decke mit Moos oder mit pech- oder ölgetränktem Werg und Lehm sorgfältig verstopft.« In Deutschland bereitete das Zweimonatsheft *Die Gasmaske* seit

1933 zielstrebig auf die Gas-Defensive und die neuen Arten des Todes vor: »Soll ein Raum für Gasschutzübungen neu gebaut werden, so kann man mit den einfachsten Mitteln auskommen, da ja nur die Zweckmäßigkeit maßgebend ist. Je düsterer und ungemütlicher der Raum ist, desto geeigneter ist er für die Übungen; denn auch im Ernstfall muß man mit den unangenehmsten Möglichkeiten rechnen. Es ist z. B. beobachtet worden, daß ›Rettungsleute‹ der Übungspuppe einen Strick um den Hals gebunden hatten und sie gewaltsam durch alle Hindernisse hindurchzogen. Der Puppe zwar war hinterher kaum etwas anzumerken, die Gas-Übung jedoch hatte ihren eigentlichen Zweck verfehlt.« *Die Gasmaske* bildete entspannte Menschen beim Schachspiel ab: mit angelegter Maske im Luftschutzraum.

So viel Vorsorge im Erstickungskampf erheischte Erprobung. Mussolini juckte es in den Fingern, er brach als erster das Völkerbundabkommen, setzte als erster die Vision vom ›aero-chemischen Krieg‹ in Wirklichkeit um. 1935 fand eine heldische Entleerung von Giftbehältern über äthiopischen Dörfern statt. Deutschland war neuzeitlicher gerüstet als die Krieger Haile Selassies; deutsche Mütter wurden auf die Gas-Wiege hingewiesen, in der das Baby unterm Sichtglas liegen konnte, die Luftversorgung des Nachwuchses erfolgte mittels Pedal; die ordinäre ›Volksgasmaske‹ pries Hermann Göring an: »Das Beste, was wir derzeit haben.«

So singt ein Gasschutzoffizier
Zu der Gitarr' in Frankreich hier.
Gott mög' das deutsche Streiten
Zu Sieg und Frieden leiten.
(›Gaskampflied‹, 1916; Text: Dr. Erwin Koch, Preußischer Assistenzarzt)

Tabun, Trilon, Sarin hießen die Kampfgase, die unter der Ägide der IG-Farben bis 1945 in der KZ-Außenstelle Dyhernfurth bei Breslau entwickelt wurden. Sie wirkten etwa hundertmal tödlicher als die Giftstoffe des Ersten Weltkriegs, waren sogenannte perfekte ›Maskenbrecher‹, drangen auch durch Kleidung und Haut, verseuchten im Bedarfsfall das Trinkwasser. Bereits der Transport solcher high-chem-Fabrikate war riskant, diffizil. Fässer mochten undicht sein, konnten schon Teile der Reichsbahn-Beamtenschaft ins Jenseits schicken. Also wurden Juden in die Waggons gesperrt. Waren Todesschreie zu hören, die dann verstummten, mußte in Dyhernfurth neu geladen werden. Durch Tabun entgingen Häftlinge hier dem Zyklon-B, das sich in den dreißiger Jahren bei der ›Ratten-Entwesung‹ von Schiffen bewährt hatte.

Achsenmächte und Alliierte waren ›Gas‹-gerüstet. Erstmals in der Geschichte war es wahrscheinlich ein ›Gleichgewicht des Schreckens‹, was

vom ›Abregnen‹ der ›Nervengase‹ abhielt. Aber was wäre 1946 gewesen, in einem siebten Kriegsjahr?

Das Gleichgewicht an Tötungskapazität bestand nicht, als die britische Armee nach dem Zweiten Weltkrieg in unwilligen Kolonien das Kampfgas Chlorbenzylmalodinitril ausprobierte. Es bestand auch nicht im Oktober 1970 in Südostasien. Die Leitung der ›Operation Eclipse‹ hatte Colonel Redshield. Die US-Airforce hatte sich für dieses stille Testprogramm ein Dorf tief in Kambodscha ausgesucht. Es wurde von der Luft aus mit V-Stoffen überfallen; Testleichen konnten Stunden später geborgen und in die Vereinigten Staaten geflogen werden, zur Untersuchung. Die V-Stoffe sind die ultimen Tötungspräparate. Sie sind unterteilt in u. a. ›GA‹, ›GB‹ und ›GC‹ und haben noch mit den KZ-Forschungen zu tun, denn ›G‹ steht leider für ›German‹.

Die alte, schlichte Standardgasmaske – auch wenn es sie mittlerweile mit ›Panoramafenster‹ und sogar mit Sprechfunk gibt – hülfe gegen die ›Lungenbrecher‹ der Gegenwart nicht. Unabdingbare Ergänzung zur Larve des 20. Jahrhunderts wäre der pflege-intensive ABC-Anzug, etwa das ›Modell Zodiak‹, dazu der Gas-›Spürkasten 80‹ mit griffbereiten Spürröhrchen, der ›Spürbüchse 500‹ und natürlich dem ›Spürpulver‹ für den letzten Tag der Zivilisation. Was seinen Leib zersetzt, würde der Wähler von heute allerdings nicht mehr differenzieren können – vorbei ist die Gas-Ära, in der falscher Geranien-Duft über dem winterlichen Flandern den Lewisite-Alarm auslöste.

Gas-Werke

Johannes R. Becher, *(CHCl-CH)$_3$As (Levisite) oder Der einzig gerechte Krieg*, Berlin/Weimar 1969

Julius Büttner, *Der Gaskrieg*, Leipzig 1938

Hans Denckler, *Gasschutz*, Berlin 1934

G. Grümmer, *Giftküchen des Teufels*, Berlin 1985

R. Hanslian, *Der chemische Krieg*, Berlin 1937

Ernst Jünger, *In Stahlgewittern*, Berlin 1934

Georg Kaiser, *Gas und Gas. Zweiter Teil*, Frankfurt 1978

I. Libinson, *Gas über Deutschland*, Berlin 1928

Andreas Lommel, *Masken, Gesichter*, Zürich 1970

Heinz Schlesinger, *ABC-Schutz 15*, Bonn 1984

v. Stein, *Anweisungen über den Gebrauch der Degea-Industrieschutzmasken*, München 1928

Die Gasmaske. Zeitschrift für Atemschutz, Berlin 1929 ff.

Johann Wolfgang Goethe
Zirrus, Kumulus, Stratus, Nimbus

Donnerstag, 27. April 1820, bis Marienbad. – (...) Auf dem Wege nach Sandau, wo wir gegen Südost fuhren, sahen wir die sämtlichen Wolkenphänomene in ihrer charakteristischen Mannigfaltigkeit, Abgesondertheit, Verbindung und Übergängen, als ich sie nie gesehen, und zwar in solcher Fülle, daß der ganze Himmel davon überdeckt war. Das leichteste Gespinst der Besenstriche des Zirrus stand ruhig am obersten Himmel, ganze Reihen von Kumulus zogen, doppelt und dreifach übereinander, parallel mit dem Horizonte dahin, einige drängten sich in ungeheure Körper zusammen, und indem sie an ihrem oberen Umriß immer abgezupft und der allgemeinen Atmosphäre zugeeignet wurden, so ward ihr unterer Teil immer schwerer, stratusartiger, grau und undurchscheinend, sich niedersenkend und Regen drohend. Eine solche Masse zog sich uns über das Haupt hin, und es fielen wirklich einige Tropfen. Da nun alles dies in der mittleren Luft vorging, war uns die Aussicht auf den Horizont nicht versagt. Wir sahen auf dem ganzen Halbkreis der entferntesten böhmischen Gebirge ein übereinandergetürmtes Amphitheater von Kumulus liegen, davon die einzelnen wolligen Massen durch kräftigen Sonnenschein in Licht und Schatten gesetzt wurden. Der Wind hatte sich geändert, es war ein Südwest, der aber nun die untere Region zu affizieren schien. Und so dauerte der Konflikt zwischen der Atmosphäre und den Wolken den ganzen Tag über. Nach Sonnenuntergang jedoch und Aufgang des Mondes hatte sich der Himmel ganz aufgeklärt, so daß nur ganz leichte Zirrusstreifen zu sehen waren.

Freitag, 28. April, bis Eger. – (...) Der Kumulus kann seiner Natur gemäß vorerst in einer mittlern Region schwebend angesehen werden, eine Menge desselben zieht in langen Reihen hintereinander hin, oben ausgezackt, in der Mitte bauchig, unten gradlinig, als wenn sie auf einer Luftschicht aufläge. Steigt nun der Kumulus, so wird er von der obern Luft ergriffen, die ihn auflöst und in die Region des Zirrus überführt, senkt er sich, so wird er schwerer, grauer, unempfänglicher dem Lichte, er ruht auf einer horizontalen, gestreckten Wolkenbase und verwandelt sich unten in Stratus. Diese

Erscheinung sahen wir, in der größten Mannigfaltigkeit, an dem Halbkreise des westlichen Himmels vorgehen, bis die untere schwere Wolkenschicht, von der Erde angezogen, genötigt war, in Regenstrichen niederzugehen. Aber auch diese behielten einen leichten, luftigen Charakter, indem sie, schief und in sich selbst gekrümmt, nach der Erde gerichtet, bald abzuregnen schienen, bald eine Zeitlang in der Höhe schwebend verweilten, endlich aber strich- und streifenweise vertikal in die Höhe stiegen, sich mit oberen stratusartigen Wolken verbanden und wieder zu ihrem ersten Ursprung zurückkehrten. (...)

Montag, 1. Mai, Karlsbad. – Mit Nordwind zogen untere und obere Wolken, jede in ihrer Region, gegen Süden, die untern stratus-, die obern zirrusartig. Diesen kam vom südlichen Berge ein Wolkenzug in einer mittleren Region entgegen, welches Phänomen ich der Anziehungskraft der oberen Wolkenreihe zuschreibe; denn der südliche Zug war, sowie er in die mittlere Region trat, sogleich an dem obern Umriß aufgelöst, mit den höhern Wolken vereinigt und mußte, zu ihnen gesellt, nach Süden zurückkehren. Es war merkwürdig und seltsam anzuschauen. Dergleichen mag freilich nur in hohen Gebirgsgegenden vorkommen. Um Mittag leichter Schnee, gegen Abend gelinder Westwind.

Dienstag, 2. Mai, Karlsbad. – Der Konflikt der obern und untern Luftregion, der Trockne und Feuchte, endigte sich in ein leichtes Schneegestöber, von Zeit zu Zeit wiederholt.

Freitag, 5. Mai, Karlsbad. – Um die Phänomene des Wettstreits der obern und untern Luft in größerer Breite zu sehen, als die Karlsbader Himmelsenge erlaubt, erstieg ich den Schloßberg. (...) Es graupelte stark und der ganze Himmel war auf mannigfaltige Weise überdeckt. Einherziehende Wolken, die man wohl mußte für Stratus gelten lassen, obgleich von denen im Spätsommer und Herbst bemerkten sehr unterschieden; sie waren viel leichter anzusehen und zogen in einer höhern Region daher. (...) Von Süden stiegen mächtige Kumulus auf, die sich aber, sobald sie sich jenem Zuge näherten, mit demselben sogleich vereint offenbar mit fortzogen und als Graupelschauer mit niedergingen. Sonnenblicke erheiterten das Land. Sogleich aber waren bald vom Westen, bald vom Süden her ganze Himmelsgegenden bedeckt und solche graue, mehr Nebel- als Wolkenzüge im Anmarsch, wie ich solche vom Hammer her, das Töpeltal herunter, auf der Rückseite des Karlsbader Gebirgs kommen sah.
Alles dieses aber ging dem Augenschein nach in einer höhern Region vor

sich, als wir den wässerigen Nimbus zu sehen gewohnt sind. Welches sich auch dadurch erweist, daß von ebendiesen nebelhaften Wolkenzügen immerfort Teile zirrusartig aufgenommen werden, woraus sich ergibt, daß das Barometer hochstehen muß. Ich will nun sehen, ob meine Vermutung sich bestätigt, daß nämlich dieser Konflikt sich zugunsten der obern Luft und des trocknenden Prinzips entscheiden werde. (...)

Sonntag, 7. Mai, Karlsbad. – Prächtiger Windbaum vor der aufgehenden Sonne, bis in den Zenit sich erstreckend, nach oben und der Seite ast- und zweigartig verbreitete Schäfchen, flocken und streifenartig über dem übrigen Himmel. Milde Luft, schöner Sonnenschein. Gegen Mittag, mit Südwestwind, schon der ganze Himmel mit Wolken überzogen. (...)

Montag, 8. Mai, Karlsbad. – Luftbaum vor der Sonne. Der obere Himmel leicht bewölkt, der untere schwerer. Leichte Kumulus von Westen über den Dreikreuzberg herziehend. Der obere Himmel und die aufzehrende Gewalt der trocknenden Luft scheint die Übergewalt zu behalten.

Donnerstag, 11. Mai, Karlsbad. – Vollkommen heiterer Himmel, obschon Westwind. Einzelne Wolken, im ganzen aber der höhere Himmel leicht gestreift. Gegen Abend ein Phänomen, welches ich noch nicht bemerkt. Gegen Westen in der Höhe Zirrusstreifen, doch wahrscheinlich nicht so hoch als sonst gewöhnlich; denn kleine, leichte, wollige Wölkchen, vom östlichen Gebirge herziehend, wurden, wie sie sich jener Region näherten, aufgelöst und in vertikale Streifen verwandelt, doch konnte man bemerken, daß sie sich auch unverwandelt zwischen jene Streifen hineinzogen, ihre wollige Gestalt noch eine Weile behaltend. Wahrscheinlich ging dies auf der Grenze der obern und mittlern Region vor.
Mit einem so anhaltenden, aufmerksamen Beschauen des Himmels war auch bisher das Vergnügen an dem Zustand der Erde verbunden. Im ganzen tut einen sehr angenehm bemerkbaren Effekt der bei einem so hohen Sonnenstande unter dem fünfzigsten Grad weit zurückgehaltene Frühling. Es ist, als wenn bei ihrem Erwachen die Bäume verwundert wären und beschämt, sich doch so weit im Jahre zu finden und von ihrer Seite noch so sehr zurück zu sein. Mit jedem Tag öffnen sich neue Knospen, und die eröffneten entwickeln sich weiter. (...)

Zu besserem Verständnis der in vorstehendem Aufsatz gebrauchten Ausdrücke wird nachträglich angezeigt: daß, in Übereinstimmung mit Männern, welche die Sache bisher bearbeitet, angenommen wird, es gebe drei

Luftregionen, die obere, mittlere und untere, welcher man die vierte, die unterste, noch hinzufügen kann. Die Herrschaft der obern Region manifestiert sich durch trocknes, helles Wetter, die Atmosphäre ist in einem Zustande, daß sie Feuchtigkeit in sich aufnehmen, tragen, emporheben kann, es sei nun, daß sie das Wäßrige zerteilt in sich enthalte, oder daß sie solches verändert, in seine Elemente getrennt in sich aufnehme. Dieser Zustand der Atmosphäre wird durch die größte Barometerhöhe offenbart, und wir erfreuen uns eines schönen, beständigen Wetters; der Himmel ist klar, in gewissen Weltgegenden ganz wolkenlos und hochblau. In diese Region gehören alle Zirrusarten, die man mit verschiedenen Namen bezeichnen kann.
Die mittlere Region ist die des Kumulus; in ihr wird eigentlich der Konflikt bereitet, ob die obere Luft oder die Erde den Sieg erhalten soll; diese Region hat die Eigenschaft, daß sie zwar viel Feuchtes in sich aufnehmen kann, allein nicht in vollkommener Auflösung, es vereinigt sich zwar zu einer leichten, aber doch dichten Körperlichkeit und erscheint uns geballt, gehäuft und nach oben in bestimmten Formen ausgebogen und begrenzt, unten haben diese Wolkenhaufen eine horizontale Grundlinie, wodurch eine dritte Region angedeutet wird, auf welcher sie wie auf einer Schicht, auf einem Elemente ruhen und schweben.
Gewinnt nun die obere Region, ihre trocknende, Wasser auflösende, in sich aufnehmende Gewalt, die Oberhand, so werden diese geballten Massen an ihrem oberen Saum aufgelöst, aufgezupft, sie ziehen sich flockenweise in die Höhe und erscheinen als Zirrus und verschwinden zuletzt in dem unendlichen Raum. Überwindet nun aber die untere Region, welche die dichteste Feuchtigkeit an sich zu ziehen und in fühlbaren Tropfen darzustellen geneigt ist, so senkt sich die horizontale Basis des Kumulus nieder, die Wolke dehnt sich zum Stratus, sie steht und zieht schichtweise und stürzt endlich im Regen zu Boden, welche Erscheinung zusammen Nimbus genannt wir. (...)
Man nimmt diese drei Regionen als Norm an, bemerkt aber dabei, daß die Disposition der obersten Luft, alle Feuchtigkeit in sich vollkommen aufzunehmen, auch bis zur Erde heruntersteigen könne, da denn jeder Dunst- und Nebelstreif sogleich in Zirrus aufgelöst und sodann verflüchtigt wird. Und so mag sich auch der eigentliche Stratus, diese horizontal gebildete Masse, einmal höher erheben als das anderemal, der Jahreszeit, der Polhöhe und der Bergeshöhe gemäß. Auch der Kumulus schwebt bald höher, bald tiefer; im ganzen bleiben aber diese Wolkengestalten immer stufenweise übereinander, wie man gar wohl sehen kann, wenn sich alle vier Erscheinungen dem Beobachter auf einmal darbieten. (...)

Friedrich Wilhelm Korff
Über Luft

Die Luft ist je nach Wetterlage und Verschmutzung trüb und klar, und doch sehen wir sie nicht, sie ist durchsichtig. Gelänge es uns, ihre Bewegungen sichtbar zu machen, so würden wir erstaunt sein, wie sehr sie lebt. Sie gleicht dem Wassertropfen, der einem Teich entnommen und unter das Mikroskop gelegt wird. Um dies zu erfahren, muß man nur in die rechte Situation kommen. Ich habe den Flugdrachen, den ich besitze, mit einem Motor versehen, der mich von Aufwinden unabhängig macht. Ich kann über Land ziehen, fliegen, wohin ich will, und da mein Gerät mitsamt der Ausrüstung nicht mehr als drei Zentner wiegt, bekomme ich die geringste Luftbewegung mit. Bei Windstille am frühen Morgen oder am späten Abend entdecke ich besondere Regionen, werde Seismograph oder Ozeanograph der Luft. Seither habe ich Respekt vor Phänomenen, die zwar die Theorie kennt, die aber bislang dem Segelflieger, Motorflieger oder Hubschrauberpiloten unbekannt blieben, weil ihre Fluggeräte zu schwer, zu schnell sind und sie sich auch nicht ständig in Bodennähe aufhalten.
Gelänge es also, die Luft einzufärben, sie in eine Art wehenden Brom zu verwandeln, in dessen Schluchten, auf dessen Wänden und Berghängen sich weiße Parallelen abzeichneten, ähnlich den Linien im venezianischen Glas, so würde heute, an einem wolkenlosen Augusttag, bei fünf Knoten Wind der Himmel, der so planblau ist wie die Oberfläche eines Sees, augenblicklich verdüstert und bizarr durchwurzelt wie vom Boden eines Fichtenwaldes aus zu sehen sein. Wir sähen über uns fasernde Korkenzieher, Linien, die schwären, unvermittelt jagen, Zöpfe, die sich flechten, Mäntel, Rohre, die sich stauchen und an ihrem Fuß wie gebrochener Rhabarber sich aufringeln. Hinter jedem angeblasenen Berg steht ein Rotor in der Landschaft. Er trägt auf seiner Oberfläche rindfleischartige Riefen, dreht sich wie ein Mühlrad unter dem Wind und schraubt Vögel in sich ein, die ihm zu nahe kommen. Aber es wagt sich kein Bussard ins Lee, er weicht entweder an den Boden aus oder überfliegt das sich wickelnde Gebiet. Als ich mit dem Drachen in einen Rotor gerate, fühle ich mich von elastischen Händen heruntergezogen und kann mich nur noch mit Vollgas und unter erhebli-

chem Geschaukel entwinden. Seitdem erwarte ich diese Walzen hinter allen Hindernissen und sehe sie sogar in ihrer Intensität. Ihre Formen wechseln von stumpfen Zigarren bis hin zu Ampullen mit spitzen Enden, und diese stationären Zeppeline stehen vielfach über dem Land. Als »Föhnfische« (Lenticularis-Wolken) werden sie in großer Höhe sichtbar. Die Warmluftkamine dagegen, die sich senkrecht zur Horizontlinie hochdrehen und zumeist vom Wind schräg versetzt den Wolken nachhängen, sind ebenso häufig. Die vertikalen Raumlinien dieser Thermikschläuche muß man sich wie Seile vorstellen, die von den Wolkenrändern auf die Erde zu einem Quellgebiet feuchtwarmer Luft hinhängen. Die Kumuluswolke, sieht man sie vollständig, gleicht daher einem schlappen Höhenflugballon oder einem Fallschirm mit Schleppanker. Noch häufiger sind Kugelphänomene wie die Blau- oder Sprudelthermik, interessanter sind jedoch die seltenen.

Wer die Trompeten eines Flußwirbels kennt, die kleinen schwarzen umeinandertreibenden Löcher, die sich hinter der Abrißkante eines Brückenpfeilers bilden und in Gebirgsbächen Strudellöcher in den Fels bohren, der wird auch in der Luft diese zuckenden schwarzen Röhren hinter einem Hindernis anwachsen, periodisch schwanken und vergehen sehen. In ihnen zieht es rechts herum, denn die Ablenkung wegflutender Massen durch die Erdrotation zeigt sich zuverlässig über jedem Abflußloch. Man sieht zum Beispiel den Flaum von Lindenblüten in der Luft treiben, mit einem Male jagt er im Kreis herum und zieht in schnellen Steilkurven hoch. Die innere Wand dieser Lufttrompete funkelt schwarzsilbern und ist im gesamten Wirbel wirbellos, das heißt laminar und fest mit parallelen Raumlinien wie ein glatter Wasserstrahl, und das Ende des Wirbels schlägt auf dem Boden herum wie der Schwanz einer erregten Katze. Als große Windhose oder Hurrikan wird dieses Phänomen gelegentlich sichtbar.

Die Luft hinter einem Hangar oder das Totwasser hinter einem Pfeiler muß nicht nur Wirbel erzeugen, sondern ist in der Regel turbulent. Die Stromlinien sind dann zerbrochen, der Druck diffus verteilt, in Strömungsrichtung treibt eine eilige Masse mit sehr hohem Widerstand. Am Ortsausgang von Vaduz in Liechtenstein habe ich hinter den drei Hochhäusern, die dort neben der Landewiese stehen, als ich bei ruhigem Wetter vom Triesenberg herunterflog, eine solche Wirbelfahne durchquert. Der Drache bricht durch die Luft, als seien die tragenden Linien gehäckselt, es brabbelt, schlagendes Brummen und Fetzen, die Sicherheitshöhe war mit einem Mal fort, ich sackte durch und schwamm in einem brodelnden Etwas, wie es zum Beispiel die Brandungswelle hinterläßt, wenn sie zusammengebrochen ist und ins Meer zurückfließt. Hier ist die Luft gleichsam ideologisch zwangsgeordnet, der gemeinsame Fluß des Nichtmehrgemeinsamen und total Ver-

wirbelten folgt der Überstürzung, es gibt keine parallelen Strombahnen, es sind aufquellende und wieder verschwindende Ballen wie auf einer Quelloberfläche. Der Drache ist kaum noch steuerbar, gleichwohl geht es in die Richtung des allgemeinen Stroms und rapide abwärts.
Diese Wirbelbäche sind nicht gebogen, sondern gezogen, schnurgerade Winkel. Sie öffnen sich mit etwa 15° hinter jedem Hochhaus und reißen nach etwa dreißig Haushöhen Abstand einen sich allmählich schwächenden Wirbelstromkegel, der bereits achtfach höher ist als das angestaute Haus. Der Wirbelstrom, obwohl energetisch ausgedünnt, hat eine Stetigkeit, die man, wenn man darin ist, als eine gewalttätig mitreißende Ordnung im Chaos empfindet.
Wer daher in die Windlandschaft von oben sehen könnte, sähe ein Mosaik von Windspitzen, die sich von jedem angeblasenen Objekt kegelartig nach hinten öffnen und sich im freien Gelände zu Halb- und Zentralschatten addieren. Interferenzen oder Abweichung der Windführung durch die Bodenkontur ist die Regel, auch bremst der Grund, und die Luft, die über ihm schwimmt, verhält sich dabei kaum anders als Wasser. Es entstehen wechselnde Luftflüsse, an Hängen finden wir abends ab fünf Uhr Berg- und tagsüber Talwind, und in den Ebenen versammeln sich Teiche, warme Glocken, die als Fladen beginnen, sich dann zu silbrigen Kugeln häufen, bis sie sich wie eine Blase vom Grund des Wasserglases ablösen, aufsteigen und einen rechtsdrehenden Kaltluftstrudel von der Erde unter sich hochziehen. In Sacktälern gibt es Luftstaus und emportragende Verdichtung vor Bergkämmen. Schon zwischen zwei Baumgruppen entsteht eine Aufwinddüse, die einen Drachen hebt. Ist die Ablenkung eines Flusses sehr groß, etwa an einem Prellhang, so beginnt die Luft, wenn ihr hinter dem Hindernis beliebig Raum gelassen wird, in großen Wellen zu mäandrieren oder in einem schmalen, sehr gleichmäßigen Wellenband zu vibrieren, so etwa die Luft hinter Hochspannungsdrähten. Der Strömungsabriß, in den diese Phänomene übergehen können, erfordert jedoch besondere Aufmerksamkeit.
Die regenbogenfarbige Hülle einer Seifenblase wird kurz vor dem Zerplatzen von schwarzen Flecken übersät, ähnlich verhält es sich mit dem Abreißen der Strömung. Ein fliegender Körper, von der anliegenden Luft vollkommen umschlossen, stellt sich schräg aufwärts in die Stromlinien. Nun beginnen auf dem Rücken dieses Körpers sich die Linien zu drillen, wirblig abzulösen, und auf der Fläche, die soeben völlig benetzt war, bilden sich Inseln noch anhaftender Strömung und Kanäle abgelöster. Sie lassen sich wie die Schatten verwirbelten Wassers auf dem Sandgrund sichtbar machen. Auch hier trennen sich warme Luftäste von kalten, dichte Räume von leeren, und bei hohen Geschwindigkeiten, zum Beispiel hinter den

Flügelspitzen von Strahlflugzeugen, kondensiert Wasser und schießt Nebel ein. Regional haften noch die Ballen auf dem Körper, dann aber breitet sich ein Gegitter von Trockenlinien auf seinem Rücken aus, er schüttelt sich kurz vorher und erhält mit einem Schlag einen schweren Luftwiderstand. Zusätzlich muß er einen langen Wirbelzopf hinter sich herziehen, und die Strömung ist dann abgerissen. Ein Flugzeug wird in diesem Zustand unkontrollierbar, ein Schiff bleibt stehen oder schiebt quer.

Die Betrachtung der Natur unter einem bestimmten Zweck schließt in der Regel andere Erfahrung aus. Sie kann sogar so verhindert werden, daß ihr Verlust nicht mehr spürbar ist. Die willkürlich gewählten Blickweisen werden dann kategorial und bestimmen die Naturauffassung. Betrachte ich die Luft unter dem Zweck *Kunst* – in der Malerei würde ich Watteau wählen, das heißt »Atmosphäre« –, so sehe ich unabsehbare Möglichkeiten allein der Farbe. Unter dem Zweck *Physik* weiß ich von molekularen Vorgängen, die im Mikrobereich nur statistisch abgeschätzt werden können, im Makrobereich jedoch der kinetischen Gastheorie folgen. Unter dem Zweck *Medizin* erkenne ich Körperreaktionen auf Luftdruck- und Bestandteilsveränderungen, Intoxikationen etc. Unter dem Zweck *Biologie* beschränke ich mich auf die Photosynthese, unter dem Zweck *Meteorologie* sehe ich Zyklonbewegungen und Wettervoraussagen, schließlich unter dem Zweck *Strömungskunde* unter anderem die Aerodynamik umflossener Körper. Und dringt man nur in diesen Einzelwissenschaften an die Erfahrungsränder, so wird der gemeinsame Gegenstand so fremdartig, als sei gar nicht mehr von Luft die Rede. Und doch ist überall dieselbe Luft, und nur die Terminologie ist rückführbar von der einen Disziplin in die andere. Sowenig es also ein Erfahrungsganzes »Luft« gibt, so wenig ist über unser psychisches Apriori, nach »natürlichen«, das heißt aerodynamischen Gesetzen Erfahrungen und Orientierungseinheiten überhaupt erst zu bilden, bekannt geworden. Luftbewegungen und psychisches Verhalten scheinen aber weit über bloße Analogien hinaus verschränkt.

Kant hat in der *Kritik der reinen Vernunft* den Raum und die Zeit als apriorische Formen der Anschauung bezeichnet, mit denen wir Erfahrung erst machen. Er hätte noch die Luft mitbedenken sollen, mit der der Raum gefüllt ist und auf die jeder Körper nicht beliebig, sondern gesetzmäßig reagiert. Kants Raum hat aber die Eigenschaft, durchsichtig und unbegrenzt zu sein wie Newtons absoluter, oder er ist mit Zahlen angefüllt wie Platons ewiger. Der rein formale Ansatz Kants hat diese Betrachtungsweise, die sich ohne weiteres in seine apriorische Anschauung hätte fügen lassen (z. B. bei der Erörterung der Kausalität), unterdrückt.

Obwohl wir keine Vögel sind und die Luft eher zum Stoffwechsel als zur

Fortbewegung brauchen, erkennen wir doch und artikulieren zumindest seelisch bestimmte Vorgänge nach den Bewegungen eines Körpers in einem tragenden Medium. Auch die Gesetze der Aerodynamik liegen der Erfahrung voraus, bestimmen sie und sind auf die Thermodynamik rückführbar, was auch nicht verwunderlich ist, denn unser Gehirn hat, wie ich vermute, eine Selbstabbildungstendenz, d. h. die Vorgänge in ihm bilden sich als die Art und Weise ab, in der wir erkennen. Die thermodynamischen Vorgänge in der Außenwelt stellen sich uns nicht nur dar, sondern wir sehen durch sie, die elektrischen Impulse und Bahnverläufe des Gehirns sind sowohl Aussagen über die Wirklichkeit wie ihre Sehweise. Dieser Parallelismus sagt jedoch nichts, solange man ihn nicht entfaltet.

Auch meine gute Stimmung hat etwas von parallelen Linien, von Übereinstimmung und an den Gegenständen der Außenwelt Anliegendem, Aufliegendem, Haftendem und doch zugleich leicht Verschiebbarem, dessen Steuerung Glück bedeutet. Das Abreißen dieser Strömung mit seinem Wirbeln und Flattern vergleiche ich dagegen mit unmittelbar aufkommenden Gefühlen der Angst. Es ist nicht nur das Erlebnis sozialer Isolierung, sondern der Trennung von den Dingen, der Dissoziation von Welt überhaupt. Wenn man für Strömung Stimmung sagt, so halte ich es für dasselbe. Das dem Strömungsabriß vorhergehende Faktum und Erlebnis des Zitterns, das zwanghafte Fliehen und doch Faszinierwerden bis hin zur Fixierung im Windschatten bzw. Wirbelzopf eines nicht feststellbaren Hindernisses – dem Objekt der Angst – zeigt zu deutlich aerodynamische Vorgänge.

Zunächst verweist die Zuglast der Verstimmung – Depression – auf den Strömungsabriß, und das unstete, richtungslose Verhalten eines Körpers, der nicht mehr gleichmäßig umströmt wird, zeigt, daß die Luft an dieser Stelle eine »Wunde« bekommen hat. Nach dem Energieerhaltungssatz sorgt jetzt die Umgebung dafür, daß diese Kraft zur Verdünnung nur durch die Energie des bewegten Körpers zustande kommt, und daß zugleich das gesamte Phänomen durch die entgegenwirkende Energie der Umgebung lokalisiert bleibt. Auch die Angst hat durch ihren oft ziellosen inneren und äußeren Aktionismus einen hohen Energieverbrauch. Die gute Stimmung dagegen ist nicht isoliert und kennt nur geringen Widerstand, denn die laminare Umströmung, die man als eine Homöostasis des limbischen Systems bezeichnen könnte, kennt eine Ausgewogenheit, die mit wenig Steuerungsenergie zustande kommt, im besten Fall bemerken eine gute Laune erst andere. Das Vergnügen am geringsten Aufwand und dem größten Effekt und das Behagen an Geräten und Sportarten, die Geschicklichkeit abfordern, muß damit zusammenhängen. Der sich zu sich selbst verhaltenden Exzentrik der Angst hingegen, die an der Wirbelschleppe der Reflexion

hängt, ist diese bis zur Unauffälligkeit ausgewogene Lust-Sorge-Einheit zerbrochen, der Körper ist leistungsunfähig, kaum manövrierbar, denn seine Umströmung ist verwirbelt. So spricht der Maler Max Ernst vom Künstler als dem »blinden Schwimmer im Katarakt«, vergißt jedoch die Verstimmung zu erwähnen. Man zittert unfreiwillig, sei es extrem im Lachen oder Weinen, kennt sogar das Wort Flattern. Und wenn man jetzt die psychische Strömung analog der Luft betrachtet, so treten Quer- und Scherkräfte im rechten Winkel zur Fließrichtung auf. Die resultierenden Diagonalen, deren Spitzen, sich selbst überlassen, schlagen, bilden jetzt die sich verfilzenden Locken und Zöpfe, die psychisch verdrillten Nester, Spreng-, Sammel- und Gärpunkte unausgeglichener Ballen, die rätselhaften Hieraten der Psyche, die insgesamt als Beschwernis, Lustlosigkeit, Desorientierung und als örtlich anhaftende Leere empfunden werden. Je nach der Form des Angstobjektes können sie sich ebenso neu wie fest und zugleich falsch orientieren, wenn im entscheidenden Moment die sich sonst behindernde und sich gegenseitig aufhebende Energie der Verwirbelung addiert und der Strudel zur gemeinsamen Richtung aller Einzelwirbel wird. In diesem Maelstrom der Angst – Poe sah es – schraubt sich die Kraft der Panik zusammen. Sowohl in der Agoraphobie wie in der Klaustrophobie stellt sie sich immer dann ein, wenn durch die Reflexion die Vorstellung zunehmender Aussichtslosigkeit hinzutritt. Das Individuum fühlt sich in die Ecke gedrängt *(cornered)*, oder es hat sich so in die Weite verloren, daß es nicht mehr zurückzufinden wähnt. Die Not, umzukehren, überfällt jedoch plötzlich – und ist zumeist mit Reue, Scham und dem Übergang in ein realistischeres Weltbild verbunden, nachdem man sich vorher verlaufen hatte, vgl. Lukas 15, das Gleichnis vom verlorenen Sohn –, während die Klaustrophobie von vornherein erahnt und zunehmend belastend empfunden wird (»Fürchterlich spitz lief ihm die Allee künftiger Tage zu«, Albano in Jean Pauls *Titan*). Strömungstechnisch nicht ohne Belang, dominiert hier die Spitzkegelvorstellung, während bei der Bewegung in die Weite kurz vor dem Abreißen der überdehnten Stimmung der Wirbel sichtbar wird. Schwindel, Zweifel, Absturzgefahr, Beliebigkeit, Sinnlosigkeit sind hier die Angstmomente übergroßer Dissolidierung. In Gesellschaften, die ideologisch hypersolidiert sind, überfällt die Agoraphobie daher zumeist den Abtrünnigen. Denn Zweifel, Subjektivismus sind von jeher Erkennungszeichen des Häretikers, dem in der Orthodoxie die laminare Stimmung des Ganzen *(katholou)*, wohlgelaunt für sich, aber gewalttätig gegen Andersdenkende, gegenübertritt. Dieser laminaren Stimmung des klar und lautlos fließenden Wasserstrahls fehlt der Sinn für den Zweifel, für das Komische, Humor und Ironie, weil es Verwirbelungen und daher Zitterphänomene

nicht kennt. Die Orthodoxie ist daher die gekämmte Strömung, die nur die Sauberkeit des Säuberns, sonst aber keine Genauigkeit kennt.
Eine Bestätigung für den Regionalismus – auch der Seele, vermutlich eine Metapher –, wie er immer auftritt, wenn die geschlossene Umnetzung der Luft in Schollen zerbricht und die Umströmung abzureißen beginnt, ist mir stets der schwermütige Blick auf das Detail gewesen und das Klammern an immer kleinere Einheiten, ökonomisch wie Hans im Glück. Diesen Rückzug aus der Öffentlichkeit unter das Lampenlicht des Privaten, den Hegel und Marx soziologisch fasziniert umkreisten und den Arnold Gehlen in den *Zeitbildern* an der Existenz holländischer Seestücke und Stilleben des 17. Jahrhunderts als Sprachersatz für die politische Artikulation unter der spanischen Besetzung zeigt, kennt die spezielle Vorliebe für die verweisende Einzelheit. Der Melancholiker ergreift im Schwindel der Beliebigkeit das Detail, um sich daran zu halten.
Daß der gewaltsame Wiedereinfügungsversuch in die laminare Stimmung mehr von der Not als vom Geschmack bestimmt ist, sieht man an der poetischen Vorliebe für das Interieur und an den Brot-und-Wein-Gedichten aller Zeiten, angefangen von Horaz' allerdings großartigem Wintergedicht über den Soracte bis hin zu Trakls *Ein Winterabend*.
Nach verwildernden Expressionismen verschiedener Art erscheint in der Malerei die neue Sachlichkeit, das Trompe-l'œil, der Fotorealismus, die Genauigkeit tritt vor. Auf tanzenden Schiffen genügt der Blick zum Horizont, um nicht seekrank zu werden, der Melancholiker im Gehäuse freut sich am Schimmer des Glases, der Kerze, die Tiefenschärfe wird zum Horizont. Hier sieht er die Genauigkeit, die ihm im vernebelten Ganzen verlorengegangen ist, und diese herbstliche Klärung und winterlich starre Skepsis ist Desiderat und Gegenbewegung zur Diffusität eines verlorenen Ganzen, denn Schmerz, Angst und Denken machen scharfe Gesichter wie Hände. In de Heems (1606-1684) Stilleben sehen wir im Messer und in den Spiralen der Zitrone den aerodynamischen Zuschnitt und den oben erwähnten Strudel. Fast jede Pars verweist auf ein verlorenes Ganzes, und auf die Wiederentdeckung der Natur folgt die Symbolik; außer der Genauigkeit wird auch die Abwesenheit thematisch: nature morte. Sie ist rätselhaft, weil sie unter keinem Zweck steht und keine Antwort geben will. (Seicht wird es allerdings dort, wo man sogar das *Memento mori* in Stromlinien vorzeigen will.)
Wer in der Natur gesetzmäßige Strukturen erkennt, wird also eher von ihrer Absichtslosigkeit betroffen sein und sie wie einen Anflug von Kälte spüren. Und doch ist die Dauerbeschäftigung mit positiven, dafür oft nutzlosen Dingen eine Obsession. So brütet der Engel in Dürers Stich Melanco-

lia I (1514) – den Stechzirkel des Entwerfens zwischen zwei lustlosen Fingern drehend – inmitten von Gegenständen, die platonische und christliche Ideen verkörpern und die in geometrischer Reinheit und mathematischer Deutlichkeit zwar fähig sind, den Geist *wie* die Materie zu schärfen, zugleich aber doch Beliebigkeit erkennen lassen. Warum hat Dürer nur diese Gegenstände ausgewählt? Omnis determinatio est negatio! Es gibt keine Koalition der Dinge, sondern nur eine zufällige Aggregation, die auch anders sein könnte; es ist das traurige und beziehungslose Ringsumher des Melancholikers. So spürt der Engel hinter sich das magische Quadrat mit seinen an sich bedeutungslosen Summen 34, neben sich einen seltenen Polyeder, das schlafende Tier, vor sich die Kugel, zuletzt Hobel und Säge. Die Werkzeuge allerdings sind verbunden und offenbaren keineswegs disiecta membra, sie belasten den Melancholiker auch nicht, indem er den Zeitverderb empfindet, den er sich mit dem Starren auf ein magisch Stehendes in der Natur zuzieht, ganz im Gegenteil: die Werkzeuge sind ein Stück potenzieller Bewegung, und dies ist die andere und ersprießlichere Form der possibilitas. Die Werkzeuge liegen zwar noch verstreut herum und zeigen die melancholische Inaktivität, deuten aber doch zugleich auch auf den Beginn der Therapie: die Arbeit mit ihnen löst Angst und Sinnlosigkeit ab.

Und in der Tat ist es so, daß sich die Strömung, wenn sie sich wieder anlegt, im umgekehrten Verfahren aus dem Detail, eben aus sich vergrößernden Inseln der Umnetzung ergibt. Diese Formendissipation ist psychisch angenehm, wie denn überhaupt alles Vergrößern und Wiederzusammenfließen Freude macht. Dieser konsequente Aufbau ist im Windkanal zu erkennen, wenn man den quer in die Strömung gestellten Gegenstand langsam wieder parallel zu den Stromlinien nimmt. Von der Auftrittskante her legt sich die Strömung wieder an, verbreitet sich auf der Oberfläche, bis mit einem Ruck nach vorn der Gegenstand erleichtert und ihm die Wirbelschleppe genommen ist. Die gute Stimmung – Umströmung – ist dann wieder da.

Seifenblasen

Nie hat eine Seifenblase Kinder so ernsthaft beschäftigt wie der »aerostatische Ballon« der Herren Montgolfier Stadt und Hof seit vier Wochen; in allen unseren Zirkeln, bei allen unseren Soupers, an den Toilettentischchen unserer hübschen Damen wie in unseren akademischen Schulen spricht man nur noch von Experimenten, atmosphärischer Luft, entzündbarem Gas, fliegenden Wagen und Reisen durch die Lüfte. (...)
Der von den Herren Robert konstruierte »aerostatische Ballon« ist am 27. dieses Monats pünktlich um fünf Uhr vor den Augen von ganz Paris auf dem Marsfeld majestätisch aufgestiegen. Der Tag für das Experiment war einige Tage vorher bekanntgegeben worden; zu keiner königlichen Truppenschau war je eine solche Zuschauermenge aus allen Ständen und Berufen zusammengeströmt. Der Ballon hatte ungefähr 12 Fuß Durchmesser. Über die Höhe, bis zu der er aufstieg, war man sich nicht einig, das schlechte Wetter erschwerte jede Schätzung; aber da er so klein erschien, muß man annehmen, daß sie beträchtlich war. Nach ein paar Minuten war der Ballon gänzlich entschwunden. Unsere Wünsche und unsere Bewunderung hätten ihn gern in die höchsten Höhen des Weltenraumes hinaufgetragen. Er hat unsere Erwartung getäuscht; statt mit seiner erhabenen Gegenwart ferne Gestade in Erstaunen zu setzen, ist er mit seiner Fahrt nur bis nach Gonesse gekommen, einem Dorf vier Meilen von Paris, und hat die dortigen Bauern, die ihn auf einem Feld, auf dem sie arbeiteten, niedergehen sahen, in argen Schrecken versetzt.
Man wird nicht überrascht sein, daß drei Tage danach ganz Paris mit Kupfern überschwemmt wurde, die den Aufstieg des Ballons und seine Landung darstellten.
Viele, die inmitten der allgemeinen Begeisterung ihren Stolz darin sahen, teilnahmslos zu bleiben, haben wiederholt gefragt: »Aber was nützen denn diese Experimente? Was hat man von dieser Entdeckung, um die soviel Lärm gemacht wird?«

Melchior Grimm: Correspondence littéraire, philosophique et critique (August 1783); Üb. Herbert Kühn

Wozu können nun diese Kugeln nützen? Diese Frage ist so oft an mich getan worden, schriftlich und mündlich, daß ich hier nur kurz einiges berühren will, Ernst und Scherz, Versuche zum Nutzen und zum Vergnügen durcheinander. (...)
1) wird man dadurch Riesenschritte in der Kenntnis unserer Atmosphäre tun, Abnahme ihrer Dichtigkeit, Wärme, Feuchtigkeit, Ab- und Zunahme in der Elektrizität der Luft, die Höhenmessungen durchs Barometer, die Lehre vom Schall und dessen Fortpflanzung, die von der Refraktion, von Bewegung der Körper in elastischen Mitteln. Kenntnis in der Ebbe und Flut der Luft; Kenntnis

der in großen Höhen zu vermutenden Passatwinden. Die Untersuchung des Nordlichts, der Lichtstreifen, die durch keine Drachen erforscht werden können, der magnetischen Kraft, der Entstehung des Hagels, des Schnees etc. werden unendlich gewinnen.

2) rechtfertigt der vortreffliche Versuch des Hrn. de Romas zu Nerac mit einem Drachen die Mutmaßung, daß es nur bloß auf den Menschen ankomme, ob er künftig ein anrückendes Donnerwetter haben will oder nicht. Eine solche Kugel, mit metallnen Spitzen oder Trotteln versehen und an einem schicklichen Leitseil zu rechter Zeit in die Höhe gelassen, wird das stärkste Donnerwetter zum Schweigen bringen. (...) Vermutlich, ja fast gewiß, wird es auch zu hageln aufhören. Daß eine solche Kugel gut einzurichten viel kosten würde, ist kein Einwurf. Die Festungen kosten unendlich mehr und ziehen meistens die Donnerwetter erst recht herbei, die sie abhalten sollen

(...)

8) Der Mensch hat bisher bloß deswegen nicht fliegen können, weil es ihm schwer fiel, Flügel zu bewegen, die die Last seines Körpers tragen sollten. Jetzt, da er sich so leicht machen kann, als er will, und die Flügel nur braucht, sich zu lenken und etwa ein paar Pfund zu heben, so wird er künftig auch mit einer Blase fliegen, wie die Fische mit einer Blase schwimmen. Den Luftschiffern wären solche Flieg-Blasen sehr zum Notfall zu empfehlen. So wie es auch nützlich sein könnte, sich mit Kork und kleinen Booten zu versehen.

(...)

19) Wie man im Krieg und Frieden seinem Nebenmenschen durch solche Maschinen großen Schaden zufügen, und wie man Lizent und Zölle damit defraudieren könnte, sagt man nicht gern, teils weil diese Gedanken selbst nicht recht zollfrei sind und teils der lehrreichen Geschichte des Salzschweins zu Lüneburg wegen.

(...)

24) Manche andere geheime Expedition könnte dadurch sehr begünstigt werden. Z. B. Entführungen, selbst aus dem Serail. Ja, es wäre möglich, daß dereinst ein Korsar den Tempel zu Loretto, der sicherlich nicht durch die Luft dahin gekommen ist, einmal, größtenteils wenigstens, durch die Luft wegführte.

25) Um das Viertelhundert voll zu haben, möchte ich wohl fragen, ob nicht ein solcher Wagen dem Dichter nützen könnte. Daß sich die Seele erhebt, wenn der Leib erhoben wird, ist demonstriert, so wie, wenn der Leib stürzt, die Seele gemeiniglich auch nicht zurückbleibt. Prof. Charles hat vielleicht nie gedichtet, wer aber den Brief liest, worin er seine Empfindungen beschreibt, wird eine dichterische Erhebung der Seele darin nicht verkennen. Man bedenke auch nur das Atmen der Alpenluft, das Baden, Plätschern und Schwimmen im Lichtmeer und in Gesellschaft der Morgensterne, während die Hälfte der Welt unter einem noch im Schlamm der Nacht ruht. Der Nutzen ist nicht zu verkennen.

Georg Christoph Lichtenberg: Vermischte Gedanken über die aerostatischen Maschinen (1783)

NEUERSCHEINUNG

UDO RENZENBRINK

Umweltkrise – Immunschwäche

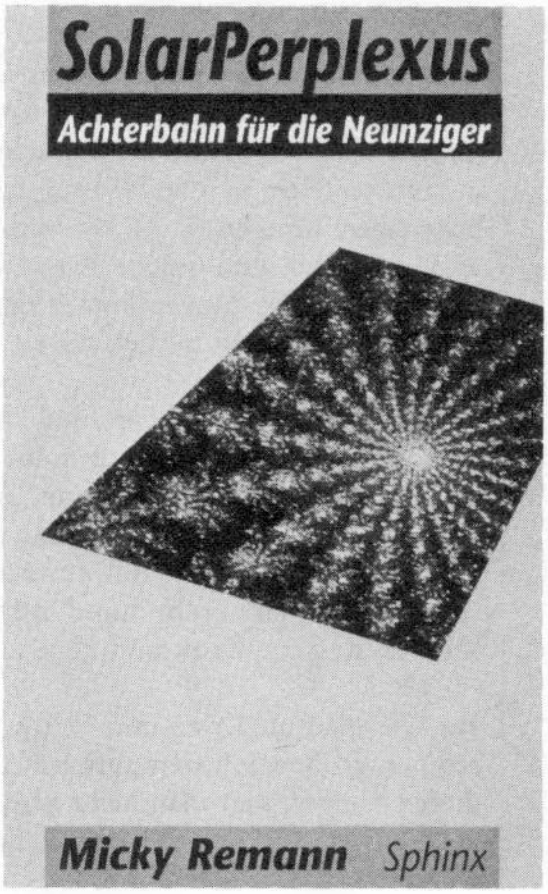
Wie ernähren wir uns?

1988, 110 Seiten, kartoniert,
Fr. 18.–/DM 21.–
ISBN 3-7235-0475-2
(Rudolf Geering Verlag)

Aus dem Inhalt: Ökologie als Zeitforderung / Das Gift in der Nahrung: Was heißt Gift?, Umweltgifte, Mikrowellen / Radioaktivität und Immunsystem / Das Immunsystem: Aufgaben der Immunität, Die Schwäche des Immunsystems, AIDS, Ernährung und Immunschwäche, Die Rolle von Leber, Milz und Nieren, Polarität von Krebs und Allergie, Krebserzeugende Stoffe in der Nahrung / Die Gefährdung in Kindheit und Alter / Soziale Aspekte.

VERLAG AM GOETHEANUM
CH-4143 Dornach

SPHINX



300 Seiten, geb.,

Solar Perplexus – *es gibt doch noch Verblüffendes unter der Sonne.* **Solar Perplexus** *erzählt von neuen Nerven zwischen Sonne, Erde und Bewußtsein. Micky Remann führt uns zu jenen flüchtigen Landschaften aus dem Über-All, die sich bei näherem Hinsehen als bewohnbare Wirklichkeiten herausstellen. Ein hellsichtiger Berg formulierte es so: «Du bist nicht hier, um Deine Träume nachzuleben, du bist hier, um dein Leben umzuträumen». Fest steht jetzt schon, daß wenn es* **Solar Perplexus** *nicht gäbe, die Neunziger um eine ihrer kühnsten Leuchtbojen ärmer wären.*

Ab Juli 1989 in Ihrer Buchhandlung.

Verlangen Sie unsere Prospekte
Sphinx Medien Verlag CH 4003 Basel

Karl Markus Michel
Zwischen Himmel und Erde
Ein Geisterzug

> »Wir wandeln alle in Geheimnissen. Wir sind von einer Atmosphäre umgeben, von der wir noch gar nicht wissen, was sich alles in ihr regt und wie es mit unserm Geiste in Verbindung steht.« Goethe zu Eckermann, 7. Oktober 1827

1.

Ein fernes Schwirren und Rauschen, ein Glitzern und Glühen in der Nacht – dann sind sie weg. Oder bei Tag vor dem Waldsaum dort der Dunst, der Staub, der silbrig aufsteigt – auf und davon. Sie sind fortgezogen, die Elfen. Neugierde und Undankbarkeit der Menschen haben sie vertrieben. Die Sonnenstrahlen, in denen sie selig gebadet hatten, sind nun blaß, der Mondschein, in dem sie entzückt getanzt hatten, sieht krank aus. Das Land liegt öde da. Und wie beschmutzt. Aber ist das die Folge ihres Auszugs, oder ist es dessen Grund? Wir wissen so wenig über das Elfenvolk. Einstmals wußte man mehr. Zum Beispiel, daß man einen Ort, wo Elfen wohnen, nicht verunreinigen darf. Die isländische Eyrbyggja-Saga aus dem 13. Jahrhundert kennt einen heiligen Berg, den niemand betreten soll »alfrek ganga«, das heißt, um das zu tun, was die Elfen verscheucht: seine Notdurft verrichten. Wo sollten sie dann noch heimisch sein auf unserer Erde, in unserer Luft? Und doch ist's gar nicht lange her, erst vierzehn Tage nach dem Elfenkalender (für den freilich nur ein Fantasy-Dichter bürgt, der Ludwig Tieck), also etwa hundert Jahre nach unserer Rechnung, daß in Schottland und Irland, wo die Elfen mit Vorliebe weilten, die Menschen sich voll Ehrfurcht verneigten, wenn sie unterwegs einen duftigen Staubwirbel sahen: da zogen die Elfen einher – und bitte nicht fort!

Wer sind sie? Luftgeister, soviel dürfte sicher sein. Auch Wald- oder Flurgeister genannt, weil im Rauschen der Blätter, im Wogen der Saaten und Gräser ihr Dasein sich kundtut. An Rainen und in Bäumen, so glaubte man deshalb, haben sie ihre Ruheplätze, vor allem im Geäst der alten Eichen. Oder in den Bergen, aus denen sie – mit dem Wind – in die Ebenen kommen. Dort brachte man ihnen Opfer und Spenden, sie brauchten nicht viel. Doch wo immer sie wohnen, in Alfheim oder einem Astloch – es ist ein eigenes Reich, den Menschen entrückt. Entrückt auch Geistern anderer Art, die wir ebenfalls Wald-, Flur-, Berggeister nennen und als Verwandte der Luftgeister betrachten. Aber diese Waldfrauen und Bergmännlein, die Zwerge, Wichte, Schrate usw. sind viel irdischer, stofflicher, wenn man so

sagen darf; sind gemeinhin auch hutzlig oder bucklig und ganz ungesellig, verschrobene Einzelgänger wie unsere Hausgeister, die Kobolde. In Gruppen treten sie nur im Märchen auf (und im Vorgarten, natürlich). Näher stehen die Luft- den Wassergeistern, besonders dann, wenn diese Nixen (die antiken Nymphen, Najaden, Nereïden) aus den Fluten auftauchen und im Mondschein ihre Reigen tanzen. Es muß der Dunst, der Nebel sein, die Verbindung von Wasser und Luft, worin die beiden Geistergattungen sich treffen und einer dritten Art begegnen, den Schwanenjungfrauen, den weissagenden. Gemeinsam ist ihnen auch, daß sie – obwohl die Nixen in Familien, die Elfen in Völkern zu leben scheinen – am liebsten in weiblicher Gestalt auftreten, sehr zart und leicht und träumerisch. Und überirdisch schön. So sagt man. Während aber die Nixen den grünen, grausen Wassermann zum Patriarchen haben, steht an der Spitze des Elfenvolkes fast immer eine Königin: Frau Holda oder Holle, Frau Perchta oder Bertha werden oft genannt, oder die hehre Frigga. Die Kleriker hingegen, die das ganze Volk der Lüfte als heidnisches Gelichter verdammten, sprachen von Diana und Herodias (das ist die Tochter des Herodes, Salome), wenn sie Frau Holda oder Frigga meinten. Deren Kultus muß im frühen Mittelalter sehr verbreitet gewesen sein. So traf im 7. Jahrhundert der hl. Kilian, der Bekehrer der Ostfranken, in der Gegend von Würzburg auf Diana/Holda, die dort »in summa veneratione« gehalten wurde, samt ihrem Volk, den Elfen, wie wir annehmen wollen.

Aber Näheres wissen wir nicht über das Königreich der Lüfte. Es umgibt den Menschen und bleibt ihm fremd. Dieses Volk individualisiert sich nicht. Der einstige Singular *alp* hat sich vervielfältigt zu *elben* und *elbinnen*, kaum je noch treten sie einzeln auf. Anders die Nixen. Die zieht es buhlerisch zum Menschen hin, und sie ziehen ihn tückisch hinab in ihr dunkel lockendes Element, in den Tod. Die Elfen hingegen sind den Menschen eher wohlgesonnen, aber scheu. Sie können sich unsichtbar machen, meinen die Volks- und Geisterkundler, seit Jacob Grimm. Nein, es ist umgekehrt: sie können sich sichtbar machen, will sagen: sie *erscheinen* den Menschen, in wechselnder Gestalt. Und das bedeutet, daß wir nur das von ihnen wahrnehmen, was in unsere Vorstellungen paßt oder von unserer Phantasie auf sie projiziert werden kann. Das ist wenig, weil sie so luftig sind; und so leicht, sagt man, daß ein Tautropfen, auf den sie treten, kaum erzittert. Was wir von ihnen zu fassen kriegen, sind nur die fliegenden Spinnweben im Herbst (die später, christlich getauft, Marienfäden hießen, weil die hl. Jungfrau, was das Spinnen und Weben betraf, die Rolle von Frigga und Holda übernahm). Aber hinterlassen sie nicht auch Elfenringe im Gras, als Spuren ihrer nächtlichen Reigen? Es könnten falsche Spuren sein, um uns zu täu-

schen. Denn die Elfen, so träumerisch sie sich geben, sind offenbar von neckischer Natur. »Der alp triuget«, sagten unsere Vorfahren, oder: »dich triegen die elbin«. Doch das tun sie sicher nicht in böser Absicht. Im Grunde ist der Elfentrug unsere eigene Täuschung. Wir sehen ihren flimmernden, schwingenden, duftenden Glanz und sagen, sie seien verliebt in Mond- und Sonnenstrahlen. Oder sie seien hingegeben an Tanz und Musik. Schon hören auch wir des *alpleichs* schlichte, süße Weisen. Und werden bezaubert. Es soll geschehen sein, daß Fiedler sie mitfiedeln mußten und nicht enden konnten, bis es ihnen gelang, die Melodie wieder rückwärts zu spielen, Ton für Ton, um sich aus ihrem Bann zu lösen. Und alle, die einst die Elfenmusik hörten, waren gezwungen zu tanzen, solange sie erklang, am Ende tanzten selbst Tische und Stühle mit.
Es wird auch von anderen Betörungen berichtet. Sogar von Plagen, die uns die Elfen schicken. Ihre Berührung, ihr Anhauch, ihr Blick schon können Siechtum und Tod bedeuten, für Mensch und Vieh. Darum sagt man: sie schießen mit Pfeilen aus der Luft; und Krankheiten, die wie angeflogen kommen, heißen »fliegende Elben«.

2.

Die Vorstellung, daß die Elfen Plagegeister seien, ist wohl erst durch die Christianisierung entstanden. Zwar gab es auch in alten Zeiten schon böse, »dunkle« Elfen, aber das waren nicht Luftgeister wie die »Lichtelfen« der eddischen Dichtungen. In der *Snorra Edda* des frühen 13. Jahrhunderts jedoch werden selbst die Lichtelfen gefährlich, schießen mit Pfeilen, stiften Unheil. In deutschen Landen waren sie schon 500 Jahre zuvor verteufelt worden. Die Kirche duldete als gute Geister nur die Engel; und siehe da, in unseren Wäldern, die vom Licht der neuen Wahrheit noch kaum gestreift waren, verbreitete sich ein Engelkult unter den Frauen, der ohne Zweifel gerade an »Unstätten« blühte: unter einstmals heiligen Eichen, an Quellen und Kreuzwegen. Ein Elfenkult. Und ein Alp für die Kirchenmänner. Denn das war schlimmer als Heidentum, es war Häresie. Der hl. Bonifatius, der Apostel der Deutschen, sorgte deshalb für die Einberufung des Konzils von Rom (745), das die Inkantation von anderen als den drei Erzengeln verbot. Es fruchtete nicht viel. Das Konzil von Aachen (789) mußte das Verbot durch die Androhung des Banns bekräftigen. Auch in anderen frisch christianisierten Ländern, in der Ost- wie in der Westkirche, gab es dieses Problem mit den Engeln; sie wurden an die Stelle der heidnischen Dämonen, Genien, Geister gesetzt, es gab Engelerscheinungen, Engelanrufungen, Engelheiligtümer, Engelwallfahrten. Die Kirche hatte viel Mühe, die christlichen Engel dorthin zu schicken, wo sie hingehörten, nämlich in den Him-

mel. Auf Erden blieben nur ein paar Dienst- und Schutzengel zurück, die aber, wie schon der hl. Hieronymus wußte, in der Erfüllung ihrer Pflichten oftmals nachlässig waren. Kein Wunder: sie entbehrten ja der Verehrung und aller frommen Spenden. (Erst sehr viel später kehrten die Engel, verniedlicht, zu uns zurück, als Musikanten, als Putti, als Schlafzimmerschmuck. Doch das steht auf einem anderen Blatt.)

Der sublunare Bereich, der Luftraum, war jetzt der Ort des Bösen. In ihn stürzte Satan mit den Seinen hinab, als er von Gott abfiel. Er fiel bis in die niedere Atmosphäre, wo wir Menschen sind. Die gefallenen Engel verloren deshalb ihren »himmlischen« Leib aus Äther und bekamen einen gröberen, einen Leib aus dicker Luft. Der Dunstkreis der Erde ist ihr Kerker, erst am Jüngsten Tag werden sie in der Hölle brennen. Aber der Dunstkreis der Erde ist auch ihr Herrschaftsbereich. »Denn wir haben nicht mit Fleisch und Blut zu kämpfen, sondern mit Fürsten und Gewaltigen, nämlich mit den Herren der Welt, die in der Finsternis dieser Welt herrschen, mit den bösen Geistern unter dem Himmel.« So mahnte der Apostel Paulus die Gemeinde in Ephesus (6,2). Auf diesen Satz allein gründet sich die christliche Dämonologie. Gerade hier aber mogelt die neue deutsche »Einheitsübersetzung«, sie spricht von den »bösen Geistern des himmlischen Bereichs«. Die Kirchenväter wußten das besser: gemeint sind »die Geister des Bösen im Luftreich«. Auch der dämonenfürchtige Luther wußte, wo sie hausen, er übersetzte: »unter dem Himmel«. Heute aber wagt nur noch ein Erzkonservativer wie Kardinal Meisner, offen zu sagen, wo das Böse ist: »in der Luft«. Warum gerade in der Luft?

Für die antike Welt, vor allem zur Zeit des Hellenismus, war es ein Gemeinplatz, daß aus der Luft »die meisten Übel des Menschen« kommen, weil sie »der Schauplatz des Kampfes der Naturgötter unter einander« ist. Das schrieb Plinius der Ältere in den Jahren, als Paulus vom Bösen in der Luft predigte. Aber Plinius meinte andere Dämonen, und er glaubte nicht mehr an sie. Warum glaubten die Christen daran, warum übernahmen sie diese heidnische Idee? Wir müssen die Frage zurückstellen. Zunächst zu den Folgerungen der christlichen Dämonologie, die zu den ältesten Dogmen gehört.

Weil die Dämonen einen Körper haben, bedürfen sie auch der Nahrung; sie finden sie im Qualm der heidnischen Opfer. Da ihr Körper aber sehr viel feiner und dünner als der menschliche ist, können sie in jedem Augenblick an jeglichem Ort sein und nicht nur in den Leib, sondern auch in den Geist des Menschen eindringen. Sie sind ihm an Macht und Wissen unendlich überlegen, an Wissen auch über das Zukünftige. Das ist ebenfalls eine verbreitete hellenistische Vorstellung. Apuleius hat sie im 2. Jahrhundert, in

Anlehnung an Platons »Daimonion«, genüßlich ausgeführt: Dämonen stehen hinter den Wahrsagern, Zeichendeutern, Zauberern, hinter allen Wundern der Magie! Die Kirchenväter haben das gar nicht angezweifelt, sondern dankbar aufgegriffen als Beweis für die Bosheit der Teufel. Ihr Lieblingsbeispiel war der Wetterzauber: Weil die Teufel, laut Tertullian, »in der Luft wohnen, an die Sterne rühren und mit den Wolken verkehren«, können sie dank ihrer Geschwindigkeit und Verschlagenheit erkennen, welche Wetter im Anzug sind; das stecken sie dann den Zauberern (später sind es die Hexen), damit diese beschwören, was ohnehin kommt. Überzeugend war diese Auskunft nicht, deshalb genügte sie fünfzig christlichen Generationen. Nur Augustin genügte sie nicht. Er setzte die Dämonen der Luft mit dieser ineins: sie selber ist böse. »Als Beweger der Winde und noch heftigerer Erreger der Blitze und Donner, als Verbinder der Nebel, Verdichter des Regens und als Verzögerer des heiteren Wetters macht die Luft aus den gefrierenden Wolken Schnee, aus den noch heftiger gefrierenden dichteren Nebeln Hagel...« Kurz, der Dämon Luft ist – obschon mit Gottes Billigung – verantwortlich für ungefähr alle Übel der Natur. Er macht Unwetter und Dürre, Mißwachs und Plagen, er schickt sogar die Pest und andere Krankheiten (aber nur den Christen!), ganz zu schweigen von den sündigen Lüsten, die er entfacht. Allein das heitere Wetter kommt von Gott. Der sich das ausdachte, lebte im sonnigen Hippo; was lag für ihn näher, als zu schließen, das Böse sei im rauhen Norden zu lokalisieren? (Von dort kamen ja auch die Vandalen.) Schon früher hatte Lactantius, ebenfalls ein Nordafrikaner, diese Topographie des Bösen ausgeschmückt: Der Herrschaftsbereich der Dämonen umfaßt den Westen und Norden, den Herbst und den Winter, die Dunkelheit und die Nacht.

In den finsteren Wäldern des Nordens spielten damals noch die lichten Elfen. Ein paar Jahrhunderte später spielten sie nicht mehr. Oder nur noch heimlich, nachts auf Waldlichtungen. Sie wurden ebenso wie die anderen heidnischen Götter und Göttinnen, Dämonen und Genien in die Finsternis gestoßen, und das meinte eben: in die Luft, in die Nacht. So daß sich nun bald die gesamte germanische Mythologie – oder was von ihr übrig blieb – in der bösen Luft abspielte und dort neu formierte. Nur die Erd- und Wassergeister blieben von der Christianisierung relativ unbehelligt. Aber in den Luftgeistern und Winddämonen und anderen Personifikationen von Naturphänomenen erkannten unsere Missionare schnell jene »Mächte und Gewalten, die in der Luft herrschen«, wie es in der Bibel stand. Und es traf sich gut, daß selbst die höchsten Götter, Wuotan mit seinem wütenden Heer und Frija mit ihrem Totenzug, oft den Luftraum durchstreiften – in ihn wurden sie jetzt verbannt, in des Satans Kerker, wo sich auch Walky-

rien, Nornen, Schwanenjungfern und Elfen einfanden. Den neckischen Elfen nützte es nichts, daß sie in Engelgestalt erschienen, um als Lichtwesen zu überleben; dieser Trug wurde schnell erkannt und unterbunden. (Vielleicht rührt die Vorstellung, daß Elfen trügen, aus jener Zeit.) Doch so leicht ließ sich das frisch bekehrte Volk seine segenbringenden Geister nicht nehmen. Es wollte sie weiter verehren, wenn nicht als gute Genien, dann eben als böse Dämonen. Was es wirklich verehrte, ist heute schwer auszumachen, denn wir sind auf die Zeugnisse der Kirchen- und Ordensmänner angewiesen. In der von ihnen verbreiteten Nacht des Bösen sind alle Geister grau, auch wenn die einheimischen Götter und Dämonen jetzt römische Namen tragen und durch Lektüre angereichert sind. Es mag sogar sein, daß etliche Elemente des uns überlieferten »Aberglaubens« erst durch fromme Warnungen davor aus lateinischen Büchern in deutsche Spinnstuben gerieten.

In der Mitte des 7. Jahrhunderts eiferte der hl. Eligius, ein Germanenbekehrer, gegen den Glauben an Diana und Herodias – Holda oder Perchta –, die nachts mit ihren Scharen durch die Luft jagen. Im 8. Jahrhunderte hörte man im Kloster Fulda öfters die Stimme der Frau Holda in der Luft. Seit 800 nahmen die nächtlichen Luftfahrten zu, aber was da durch die Luft fuhr – Totengeister oder Walkyrien, Elfen oder Nornen –, bleibt im nächtlichen Dunkel. Mehr wußte Burchard, der seit dem Jahre 1000 Bischof von Worms war und als erster den Aberglauben seiner Zeit systematisch zu erfassen versuchte, damit den Beichtkindern die richtigen Fragen gestellt werden könnten: ob sie an Quellen, Steinen, Bäumen oder Kreuzwegen beten und opfern; ob sie nachts über einem Toten »carmina diabolica« singen; ob sie durch Anrufung der Dämonen das Wetter oder den Geist anderer Menschen zu beeinflussen trachten; ob sie glauben, daß »tres illae sorores«, also die Parzen, die Nornen, durch Spenden beschworen werden können; ob sie mit den »salvaticae«, den Waldfrauen, verkehren; und so fort. Es waren hauptsächlich Fragen an Frauen, die sich »retro post Satanam« gewandt hatten und, durch teuflische Einbildungen und Vorspiegelungen verführt, zum Beispiel glaubten und bekannten, daß sie in der Stille der Nacht, von ihren Körpern gelöst, sich in die Luft erheben und bis zu den Wolken schweben; oder daß sie um Mitternacht mit einer riesigen Zahl von Weibern auf wilden Tieren reiten, über weite Länder hin. Anführerin dieses nächtlichen Geisterheers, sagt Burchard, sei die Göttin Diana oder Herodias, aber das dumme Volk nenne sie »Holda« oder »Unholda«. Da haben wir's: Frau Holda wird unhold. Also müssen auch ihre Gefährtinnen, die Holden, jetzt Unholde werden, gerade wie der althochdeutsche »hiuri« (Gott) zum »unhiuri« (Teufel) wurde, zum Ungeheuer (Monstrum

oder Portentum). Was aber sind diese Unholdinnen, die nachts durch die Luft reiten: Phantasmata oder Gespenster, Dämonen oder Totenseelen? Oder leibhaftige Hexen? Die letztere Überzeugung setzt sich seit dem 13. Jahrhundert durch: die Nachtfahrerinnen sind »der tiuvel und sîn her«, selbst wenn sie durch Diana, Holda, Perchta usw. angeführt werden. Dank dieser neuen Codierung dürfen nun auch die Elfen wieder genannt werden – in Hexenprozessen. Die Protokolle halten fest: Der Teufel erzeugt mit den Hexen die Elfen. Hexen zaubern Menschen und Tieren Elfen an und können sie auch forthexen. (Luthers Mutter etwa hatte sehr unter solchen fliegenden Elben zu leiden.) Elfen gleichen den Schmetterlingen: bald kriechende Raupen, bald Puppen, bald fliegende Insekten.

Mit diesem Bild des Schmetterlings aber wird der Elf zur Seele. Auch der singulär auftretende Alp, der sich vermutlich schon früh vom Volk der Lichtelfen abgesondert hatte, um uns zu »drücken«, erschien gelegentlich als Schmetterling; später galt er als Seele, die ein Lebender aussendet, damit sie andere im Schlaf heimsuche: wenn sie den Rückweg nicht findet, bleibt jener Körper entseelt, also tot. Auch richtige Elfen werden mitunter als Totenseelen aufgefaßt, vornehmlich als Seelen derer, die durch Gewalt gestorben sind. Vielleicht ist das ein Ableger der alten Vorstellung von der Geisterschlacht über der Walstatt, die in Sagen fortlebt. Wichtiger wurde eine andere Vorstellung, die von der »Heidelbe«, auch »wilder alf« genannt: die Seele eines ungetauft verstorbenen Kindes. Das war die Gestalt, in der die vertriebenen elbischen Wesen ihre (unholde) Rückkehr vollzogen. Denn neben dem Hexenglauben – und ihn überlebend – entwickelte sich der Glaube, daß das, was da im wilden Heer oder der wilden Jagd, im Gefolge von Frau Holda/Unholda, oder wie immer sie heißen mochte, durch die Luft brauste, eben jene unseligen Heidenelfen seien, wild weil ungetauft. Der Kirche war das recht. Denn die ursprüngliche Vorstellung, daß sich die Geisterheere aus Seelen rekrutieren, die nicht zur Ruhe kommen, weil ihnen die Überfahrt an einen jenseitigen Ort oder die Rückkehr in die Natur nicht gelingt, so daß sie nachts zwischen Himmel und Erde umherschweifen oder als Wiedergänger zu ihren einstigen Wohnstätten zurückstreben – diese Idee war der Kirche nicht *gehuire*, und schon gar nicht, daß man solchen »Gespenstern« Opfer brachte, um sie zu besänftigen. Sie regelte das anders, durch bezahlte Seelenmessen. Deshalb blieben für den Volksglauben, blieben für Wotan und Frau Holda, für Diana oder Herodias nur die Seelen, die der christliche Gott verschmähte: die Seelen der ungetauft verstorbenen Kinder, denen die Kirche (teils noch im 19. Jahrhundert) das christliche Begräbnis in geweihtem Boden verweigerte. Dank der hohen Kindersterblichkeit bestand ja kein Mangel an solchen »wilden« Seelen, die

nun in großen Haufen, mit leisem Weinen oder wildem Getöse durch die Wälder, über die Fluren schwirrten, zusammen mit den gestürzten heidnischen Göttern und Dämonen, denen sie anheimgefallen waren. Und in Gemeinschaft der Teufel, denen sie gleichgestellt wurden. Aber nicht ganz. Denn die christlichen Teufel gab's auch bei Tag, während das übrige Luftvolk fast ausschließlich nachts auftrat. So können wir schließen, daß alle Geister, die im Dunkel bleiben, heidnischen Ursprungs sind: man soll sich kein Bildnis von ihnen machen. Nur für christliche Teufel gab es eine Ikonographie. Wie immer dem sei, die Luft ist voll böser Geister; man muß, wenn man erschauert, den Atem anhalten, man muß, wenn man gähnt, den Mund bekreuzigen, noch heute halten wir wenigstens die Hand davor.
Der böse Zauber häuft sich in den Zwölf Nächten, zwischen dem Weihnachts- und dem Dreikönigstag. Schon Burchard von Worms hatte in seinen Dekreten mehrmals von dieser Zwölftenzeit gesprochen, die seit dem 6. Jahrhundert den Unterschied zwischen dem alten Mond- und dem neuen Sonnenjahr ausglich, die Lücke füllte zwischen zwei verschiedenen Daten der Natalität. Es sollte eine frohe, gnadenbringende Zeit sein. Für das verstockte Christenvolk aber war es eine Spukzeit, von altersher und jetzt erst recht. Denn nicht nur die Natur war erstarrt, auch die Geschichte stand still in diesen Einschalttagen »zwischen den Jahren«. Die Geister aber lebten. Eine Fülle von Regeln besagt, was man zu tun oder zu meiden hat, um Schaden abzuwenden, wie man Zukünftiges erkennen oder beeinflussen kann. Vor allem müssen die wilden Heere der Luft, die sich in den langen Sturmnächten den Wohnungen der Menschen nähern, gleich in der ersten der zwölf Nächte durch Spenden besänftigt werden; sie lieben Gebackenes. Das ist die Weihnachtsbescherung. (Sie findet heute nicht mehr unter heiligen Eichen statt, sondern unterm Christbaum, und die bösen Geister, die freundlich gestimmt werden sollen, sind wir selbst, einer dem andern.)
In dem ganzen Gallimathias des Volks(aber)glaubens, in dem so vieles verschoben oder verbogen ist und Verfemtes oft nur dank einem Etikettenschwindel überlebt, konnten sich auch die seligen Elfen allein durch ihre Vermummung als Plagegeister am Leben erhalten. Oder durch den Verzicht auf mythische Wirksamkeit: Die Elfe wurde poetisiert unter dem Namen der Fey, der Fee. Fatae (von *fatum*) nannten die Römer der späten Kaiserzeit die drei Parzen, die sich zuerst auf sieben, dann auf dreizehn vermehrten, und jeweils eine davon war eine böse Fee. Über den keltischen Sagenkreis gelangten die Feen in die mittelalterlichen Chansons und Zauberromane. Sie übernahmen viele Merkmale und Eigenschaften der Elfen, fern aller Schicksalsangst und »gefeit« dagegen, zu Hexen zu werden: Sie leben in ewiger Schönheit und Jugend in einem Feenreich, auf Feenschlössern

oder Feeninseln, angeführt von einem König oder einer Königin. Manchmal buhlen sie auch mit den Menschen. Doch wenn die Menschen sie enttäuschen, ziehen sie in einer Staubwolke davon. In dieser romantisierten Form standen die Feen dann Pate bei der poetischen Wiedergeburt der lichten Elfen im 18. Jahrhundert, die vor allem Wielands Shakespeare-Übersetzung zu danken ist. Aber die neuen, romantischen Elfen, zum Beispiel in Tiecks *Phantasus,* haben mit den alten Lichtelfen nicht mehr viel zu tun. Sie sind zu menschlich, zu moralisch.

3.

Wie konnte der Luftraum zum Ort des Bösen werden? Die Luft ist seit alten Zeiten eines der vier Elemente. Die Luft ist auch seit Menschengedenken – in der Gestalt von Atem, Hauch, Wind – der Träger, sogar der Stoff der Seele. Als wäre die Seele Bestandteil eines Elements! Die Griechen haben sich diesem Problem schon früh gestellt und letztlich auch die Grundlagen für die christliche Verteufelung der Luft gelegt; desgleichen für die Überwindung dieser Zwangsidee.

Die Luft ist unfaßbar, verglichen mit den anderen Elementen. Zur Luft gehören nicht nur Atem und Wind, Wolken und Niederschläge, Donner und Blitz, Tau und Wasserdampf, sondern auch die Kometen und andere »Himmelserscheinungen«. Deshalb kamen einige Vorsokratiker darauf, in der Luft einen Urstoff zu sehen, der alle Teile des Kosmos zu einem organischen Ganzen vereinigt. »Wie unsere Seele, die Luft ist, uns beherrschend zusammenhält, so umfaßt auch den ganzen Kosmos Hauch und Luft«, sagt Anaximenes. Bald aber unterschied man zwischen Luft und *Äther,* einer sehr verdünnten Form von Luft. »Der Äther nahm ihre Seelen auf, ihre Körper die Erde«, heißt es in einer Grabschrift für gefallene Athener zur Zeit des Perikles. Damals lehrte Anaxagoras, die äußerst feine Substanz des Äthers erfülle den ganzen Kosmos. Diese Idee überlebte mehr als zwei Jahrtausende, weil Platon und Aristoteles sie aufgriffen, übrigens auch die Inder – oder kam sie von ihnen? In hellenistischer Zeit berichten Strabon und Philostratos, die indischen Weisen hielten den Äther für den Ursprung der Götter, »denn alles, was die Luft inhaliert, ist sterblich, während das, was den Äther atmet, göttlicher Natur ist und unsterblich«. Aristoteles sah es kaum anders. Er machte den Äther zum fünften Element, zur *quinta essentia,* aus der die Himmelssphären bestehen, und sie allein. (Erst die Alchemisten des 16. und 17. Jahrhunderts holten diese »Quintessenz« auf die Erde: sie wollten aus den vier irdischen Elementen einen wunderkräftigen Extrakt gewinnen, ein Lebenselixier.) Aristoteles bestimmte den Äther als das vollkommenste Element, das die vollkommenste Bewegung voll-

zieht: die ewige Kreisbewegung, die göttlich ist. So kreisen die Himmelssphären mit den daran gehefteten Gestirnen um die Erde. Nach antiker Vorstellung sind das die sieben »Planeten« Mond, Sonne, Merkur, Venus, Mars, Jupiter, Saturn, sodann der Fixsternhimmel. Darüber das Empyreum, die Heimat der reinsten Geister. Jenseits davon, sagt Aristoteles, gibt es nichts mehr, weder Raum und Zeit noch Leere. Oder nur den unbewegten Beweger, Gott. Unterhalb des Himmels dagegen, im sublunaren Bereich, ist die Bewegung unvollkommen, nämlich vertikal. Jedes der vier irdischen Elemente folgt seiner natürlichen Bewegung: Erde und Wasser nach unten, Luft und Feuer nach oben. Hier ist alles dem Wandel unterworfen, von Werden und Vergehen bestimmt, in Katastrophen verstrickt. Aristoteles erhebt damit die alte Vorstellung von der Zweiteilung des Kosmos in Himmel und Erde zur Theorie: Dort die reinen, ewigen Gestirnsphären, hier der trübe, vergängliche Bereich unter dem Mond, in dem sich das Schicksal der Menschen vollzieht.

Und die Seele? Bestünde sie aus Luft oder aus Feuer, wie die Naturphilosophen meinten, so wäre sie vergänglich wie alles Irdische. Als unsterbliche muß sie teilhaben an der ewigen Bewegung der Gestirne, die ihrerseits beseelte Lebewesen sind, wie der Kosmos als ganzer. Aristoteles greift hier, wie vor ihm schon Platon, auf die pythagoreische Seelenlehre zurück und radikalisiert sie: Die Seele ist im Jenseits zu Hause, aber durch ihren Sturz in die irdische Welt, in den Kerker des Körpers, ist sie belastet und gebunden, bis sie sich gereinigt hat und zurückkehren kann – wohin? Die Pythagoreer (und später die Gnostiker) sagen: zum Mond, der Heimat der Seelen, Geister, Gespenster. Die Platoniker sagen: ins Empyreum, den überhimmlischen Ort, wo sie mit ihrem Gotte wandelt. Aristoteles sagt: zu ihrer natürlichen Bewegung, der kreisförmigen der göttlichen Gestirne. Solange die Seele noch in ihrer irdischen Verbannung lebt, hat sie nur in der Erinnerung (so Platon), nur im Traum (so Aristoteles) teil an ihrer göttlichen Natur. Warum aber bleibt sie nicht in ihrem Himmel? Platon beantwortet diese Frage mythologisierend (im Phaidros), Aristoteles bleibt die Antwort schuldig.

Man sollte nun meinen, daß das Christentum die aristotelische Kosmopsychologie, deren Grundzüge für die hellenistische Welt bestimmend blieben, hätte ablehnen müssen. Die Genesis widersprach der Idee eines unerschaffenen, ewigen Kosmos. Sie wußte auch nichts von seiner Zweiteilung, von der Göttlichkeit der Gestirne und dem Desaster unter dem Mond. Und nichts von der Unsterblichkeit der Seele. Es kam anders. Die Kirche bestand zwar auf der Erschaffung der Welt und der Seelen durch Gott, aber sie hielt an der Vorzugsstellung des Himmels als der Wohnstatt Gottes und

der Engel fest. Warum sollte Gott in dem Dachgeschoß des Gebäudes, das er errichtet hatte (und in dem er dauernd herumwerkelte, im Sinne seines Heilsplans), nicht selber Wohnung nehmen? Zugleich verfinsterte sich der sublunare Bereich: Luzifer, als er vom Himmel stürzte und seinen ätherischen Leib verlor, blieb hier stecken, in der dicken Luft, die seitdem sein Reich ist. Dank dieser Deutung konnte die Kirche auch den problematischsten Aspekt der aristotelischen Theorie retten, den schon die Peripatetiker angezweifelt hatten: den meteorologischen. Die Luft und das Feuer, hatte Aristoteles gelehrt, werden durch ihre natürliche Bewegung nach oben getrieben. Was geschieht, wenn sie an die Himmelssphären stoßen? Es entsteht Reibungswärme, wegen der Geschwindigkeit der Umdrehung, meinte Aristoteles. Er dachte dabei an die Sonnenwärme, obwohl es dort oben gar keine Luft mehr geben dürfte, während sich unterm Mond das Feuer sammeln müßte. Jedenfalls entstehen Turbulenzen, Blitz und Donner und Hagelschlag, auch Meteore und Kometen. Ja, sagten die christlichen Theologen, da sind die bösen Dämonen am Werk, die vom Himmel zurückgeworfen werden; und sie erkannten in diesen »Zeichen am Himmel« die Omina dessen, was uns droht, Hungersnot, Seuchen, Krieg.

Es gab auch Widerspruch gegen diese religiöse Topographie, und zwar mit monotheistischen Argumenten. Johannes Philoponos, ein Gelehrter aus Alexandria (6. Jahrhundert), der Kommentare zu Aristoteles und zur Genesis schrieb, sich auch auf Astronomie und Mathematik verstand, auf die von der Kirche als heidnisch abgewehrten Wissenschaften, widersprach radikal der christlichen Lehre vom zweigeteilten Kosmos, in dem die Engel – anstelle der aristotelischen Intelligenzen – die Planeten steuern und die Teufel das Wetter machen. Das Universum ist eine physikalische Einheit, sagte Philoponos, und Gott, der es erschaffen, wohnt nicht darin, wie die griechischen Götter, sondern steht darüber. Deshalb sei auch das himmlische Licht nicht von anderer Art als das irdische, etwa das Licht, das Glühwürmchen oder Fischschuppen abstrahlen. Gerade das aber wurde von Christen wie von Neuplatonikern abgewehrt als Profanisierung des Himmels und damit Gottes. Daß Philoponos ein Anhänger der Monophysiten war, die als Häretiker bekämpft und im 7. Jahrhundert unterdrückt wurden, mag dabei mitgewirkt haben, daß die kühne Theorie des Alexandriners zwar im Islam, nicht aber im Christentum Einfluß gewann. So wurde die damals fällige Revision des ptolemeischen Weltbildes um tausend Jahre verzögert.

Der Luftraum blieb das Reich der Dämonen und Katastrophen, der Himmel das Reich der Engel und ihrer Hierarchien, wie Dionysios Areopagita sie schaute und viele andere sie sehen lehrte, vor allem die Scholastiker, die Mystiker, die Dichter: Neun Engelchöre, den neun Himmelssphären zuge-

ordnet, vom Kristall- und Fixsternhimmel über die Planeten hinab zum Mond; der zieht die Grenze zwischen Licht und Finsternis, Leben und Tod. Wie brisant, wie fatal diese Grenze ist, bezeugt die patristische Mondtheologie. Teufel und Engel scheinen um sie zu ringen, sonst würde der Mond sich nicht periodisch verfinstern. Er sammelt, wie ein Heimkehrerlager, die Seelen ein, aber er »gebiert« sie auch zur Erde. Die Seelen müssen also auf ihrer Passage – nach oben wie nach unten – den gefährlichen Luftraum durchqueren. Das erklärt, warum so viele Totenseelen unterwegs abirren, in ein wütendes Heer geraten, Gespenster werden, Dämonen. Es erklärt überdies (und besser als das Erbsündendogma), warum ein neugeborenes Kind von Dämonen besessen ist, solange seine Seele nicht durch den Taufexorzismus der Macht der Finsternis entrissen wird: »Weiche von ihm, unreiner Geist...« Der katholische Taufexorzismus, der bis zum 2. Vaticanum unangefochten blieb, gehört zu den ältesten christlichen Ritualen. Er ist gnostisch geprägt. Der Beteuerung, die Kirche habe den kosmischen Dualismus der Gnostiker in einen geschichtlichen verwandelt, indem sie die dämonischen Mächte in Satan personalisierte, ist zu mißtrauen; »ausfahren« nämlich soll aus dem Täufling der böse Geist, »wer immer er auch sei«. Denn der Luftraum, durch den die Seele kam, ist erfüllt mit Dämonen. Das wußten die Kirchenväter und die Kirchenlehrer, ob Origenes oder Hieronymus oder Thomas, wer immer es auch sei.

Dabei hielt sich die Besessenheit der Christen noch in Grenzen, gemessen an der Dämonensucht der Gnostiker und Neuplatoniker, die sich gegenseitig zu überbieten suchten in der Dämonisierung der Welt. Gemeinsam war ihnen, wie der ganzen Spätantike, die platonische Vorstellung vom Daimon als Mittler zwischen der Gottheit und den Sterblichen. Aber je mehr sie die Gottheit ins Jenseits entrückten, desto größer wurde der Raum, den es mit Göttern, Archonten, Dämonen zu füllen galt, die in dem Maße, wie sie sich der Erde näherten, immer böser wurden: Kakodämonen. Die ursprüngliche Dreiteilung des Kosmos in Himmel, Luftraum und Erde – nach altiranischem Muster, wobei der Gott des Zwischenreichs der Wind war, der Herr aller dämonischen Mächte – genügte den Gnostikern bald nicht mehr; die zweite Welt explodierte nach oben, die Grenze zwischen der unteren und der oberen Welt wurde hinausgeschoben, bis zur Sphäre des Saturn, dessen bösen Einfluß auf die Sterblichen ein jeder kannte. So waren nun auch die beseelten Planeten dämonisiert. Zugleich explodierte die himmlische Welt in einen fast schon unendlichen Raum. Oder richtiger: Der göttliche Urschoß gebiert immer neue Himmel, Götter und Göttersöhne, Archonten und Demiurgen: göttliche Hypostasen oder Emanationen, je nachdem, es kommt auf den Blickpunkt an wie bei unseren Wellen und Teilchen. Das

pflanzt sich fort nach unten, über Hunderte von Rangstufen, bis hinab zu den niederen Geistern im Luftraum. Und zum Menschen. So daß dieser bei seiner Läuterung, seinem Aufstieg, einen unendlichen Weg zurücklegen muß. Er kämpft sich zunächst durch das feindliche Reich der Dämonen zum Mond, dann durch die sieben Planetensphären zum Fixsternhimmel und schließlich zur reinen Welt des Geistes, die unermeßlich ist. Dabei werden die irdischen Hüllen nach und nach abgelegt, der Körper wird Luftleib, dann Ätherleib und endlich reiner Geist.
Auch die Neuplatoniker Jamblichos und Proklos kannten den Urschoß und seine Hypostasen, die schier unermeßlichen Rangstufen der Götter und Dämonen, aber ihr Interesse lag nicht in der Diffamierung, vielmehr in der Rettung des antiken Polytheismus. Sie begnügten sich nicht mit der griechischen Mythologie, sie griffen auch nach fremden (in der spätantiken Welt aber allgegenwärtigen) Kulten und Mysterien – solchen der Ägypter und Chaldäer, der Assyrer und Babylonier, der Perser und Inder – und versuchten diese neue Fülle in ein spekulatives System zu bringen. Es reicht bei Jamblichos von den himmlischen und den Naturgöttern bis hinab zu den Elementardämonen, die in Erde, Wasser, Luft und Feuer wirken, und schließlich den Stoffdämonen, die den Tieren, Pflanzen, Mineralien einwohnen. Seine Absicht dabei ist weniger theologisch als theurgisch. Die Kenntnis all dieser Kräfte, guter wie böser, soll den Menschen Macht verleihen über das Schicksal, das ihr Inbegriff ist.
Verglichen mit dieser phantastischen Dogmatik erscheinen das frühe Christentum und die späte Stoa, die manche Wege gemeinsam gingen, wie Bollwerke der Rationalität. Aber die »Magie« der Neuplatoniker, die vor allem aus dem *Corpus Hermeticum* schöpfte, sich bald auch mit kabbalistischen Geheimlehren verband und tausend Jahre lang als »Weisheit der Ägypter und Chaldäer« galt, wirkte heimlich weiter als Idee einer Praxis, die sich der verborgenen Kräfte der Natur, ihrer »Geister«, zu bedienen weiß. Zum Ausbruch kam die kryptische Tradition in der Renaissance-Magie, der Wiege der modernen Naturwissenschaften. Sie schickte sich an, die »übernatürlichen Dinge« zu ergründen, aber sie meinte schon die Natur, auch wenn sie von Geistern und Dämonen sprach. Sie meinte die »Wunderwerke der Schöpfung«.

4.
Wir müssen wissen, daß es vier Geschlechter von *Geistmenschen* oder *wilden Leuten* gibt: die Wasserleute, die Bergleute, die Feuerleute und die Wind- oder Luftleute. Sie sind nicht aus Adam, sondern eine andere Kreatur, von den Menschen und allen Tieren unterschieden. Das Fleisch aus

Adam ist ein grobes Fleisch, denn es ist irdisch, es läßt sich binden und fassen wie Holz oder Stein. Das andere Fleisch ist subtil, man kann es nicht binden noch fassen, es dringt durch Mauern und Wände. Und ist doch nicht Geist. Die wilden Leute haben zwei Väter, sind gleicherweise Geist und Mensch. Den Geistern gleichen sie in der Geschwindigkeit und im Wandel, den Menschen in der Gestalt und der Vernunft. Sie haben Blut und Fleisch und Gebein, gebären Kinder, essen und trinken wie wir. Jedoch – sie entraten der Seele. Darum müssen sie Gott nicht dienen. Sie sterben wie die Menschen, aber sind tot wie das Vieh. Ihr Tod ist nichts anderes als ein Zurückgehen in das Element, in dem sie wohnen und zu dessen Hütern sie bestimmt sind, je nach ihrem Geschlecht. So wachen die Pygmäen über die Schätze im Erdreich, die Nymphen über die Wasserschätze, die Salamander über die Feuerstellen, die Sylphen über das äußere Gestein, die Wälder und Fluren.
Theophrastus von Hohenheim, genannt Paracelsus (1493-1541), spricht von den »Blüten der Elemente« in seinem *Liber de nymphis, sylphis, pygmaeis et salamandris et de ceteris spiritibus.* Die Namen, die er seinen wilden Leuten gibt, sind griechischer und römischer Herkunft, den Zeitgenossen mehr oder weniger vertraut, aber in anderer Bedeutung. Manchmal nennt er sie auch anders: die Nymphen »Undinen«, die Pygmäen »Gnomen«, die Salamander »vulcani«, die Sylphen/Sylphiden »sylvestres«, also Waldleute (wie die Elfen einstmals genannt wurden). Auf die Namen kommt es ihm nicht an, er will diese Wesen ja nicht beschwören wie seine Kollegen in der Disziplin der *magia naturalis.* Deshalb vermeidet er wohl die von Jamblichos überlieferte, gelegentlich auch in der Scholastik verwendete Gattungsbezeichnung »Elementardämonen« oder »Elementargeister«, die seine Zeitgenossen Johannes Trithemius, Agrippa von Nettesheim, Georg Pictorius so gern gebrauchten, wenn sie aus der »Weisheit der Ägypter und Chaldäer« schöpften, will heißen: aus den Götter-, Engel- und Dämonenkatalogen der Neuplatoniker; oder nur aus dem letzteren Katalog, denn die heidnischen Götter waren längst gestürzt und die Engel, die einstigen Mittelwesen, aus dem Luftraum in den Himmel aufgestiegen. Das verbleibende Pandämonium ist gleichwohl imponierend. »Es seind viel Geschlecht der bösen Geister, haben auch unter einander etliche unterschiedliche Grad und Staffel, nach Gelegenheit der Örter, in welche sie am Anfang ihres Falles erstlich verstoßen worden sind«, sagt Johannes Trithemius, der in allen magischen Künsten erfahrene Abt von Sponheim (1462-1516). Meint er neuplatonische Dämonen oder christliche Teufel? Gleichviel. Er unterscheidet sechs Geschlechter. Das erste heißt *Igneum,* das sind die feurigen Teufel, die in der obersten Luft wohnen, direkt unterm Mond, und keinen Bezug zu den Menschen haben. Das zweite heißt *Aerum,* die bösen Geister unter dem

Himmel, die sich aus grober Luft einen Leib nehmen und uns erscheinen können, die ganze Atmosphäre ist angefüllt mit diesen Teufeln, wie die Kirchenväter sagen (auf die sich der Abt gern beruft). Das dritte Geschlecht sind die *terrestrischen,* die bis zur Erde gestürzten Teufel, die in Wäldern und Feldern, Winkeln und Höhlen hausen, einer böser als der andere. Das vierte heißt man *Aquaticum,* die Wasserfrauen und Meerfräulein, also weibliche Geister, während die heiligen Engel allwegen in Gestalt eines Mannes erscheinen. Das fünfte, *Subterraneum* geheißen, wohnt in Höhlen und Stollen unter der Erde und trachtet, uns zu verderben. Das letzte, *Lucifugum* genannt, bleibt ganz in der Finsternis, überfällt die Menschen bei Nacht, bringt ihnen den Tod. Alle diese Geister können uns nur erscheinen, wenn sie die dafür passende Luft finden.

Die vier Geschlechter elementarer Geister haben also (wie schon bei Proklos und Psellos) Zuwachs bekommen. Agrippa von Nettesheim zählt sogar neun Geschlechter, in Analogie zu den neun Engelchören des Dionysios Areopagita. Die Renaissance-Magie blüht eben am Schreibtisch. Ein später Vertreter, Oswald Croll, kaiserlicher Rat am Hofe Rudolfs II., lehnt sich wieder an Paracelsus an. In seiner berühmten *Basilica chymica* (1609) gibt es folgendes: »In den Wassern die Nymphen, Undenae, Melosynae, und derselbigen monstra oder Bastarten Syrenen, die in den Wassern schwimmen. In der Erden die Gnomi, Lemures, oder Boldergeister, Sylphes (sic!), Montani und Zonnetti, deren monstra sind die Pygmaei oder Bergmännlein. In der Lufft die Umbratiles, Silvyestres, Satyri, deren monstra sind die Gigantes oder Riesen. In dem Fewr oder Firmament die Vulcanales, Pennates, Salamandrae, Superi, deren monstra sind die Zundel.«

Nun ist alles klar. Paracelsus hatte nur den Sylphen (die hier unter die Erdgeister geraten sind) und den Nymphen die Erzeugung von Mißgeburten, Ungeheuern zugeschrieben: Sirenen und Riesen. Jetzt erst wird die Sache rund. Doch mit Paracelsus hat das nichts mehr zu tun. So wenig wie das Zauberbuch *Arbatel* (1565), das als eines der sieben »höchsten Geheimnisse«, die durch Gottes Gnaden zu ergründen und zum Nutzen des Nächsten anzuwenden seien, dieses lehrt: »Die Kreaturen, die in Gestalt persönlicher Geister in den Elementen wohnen, zu seinem Dienste zu haben ...« Des Paracelsus wilde Leute sind keine Dämonen, schon gar nicht gefallene Engel; der Teufel stellt ihnen ebenso nach wie den Menschen. Sie sind »Wunderwerke Gottes«. Eine jede Art wohnt in ihrem Element, es ist ihr »Chaos« (ihre *prima materia*), wie für uns die Luft. Deshalb stehen uns die Luftleute am nächsten. Sie haben einen ähnlichen Tod: ersticken in der Erde, ertrinken im Wasser, verbrennen im Feuer. Sie gleichen uns auch in Gestalt und Kleidung, wenn sie erscheinen. Gewiß doch, man hat sie schon

gesehen, mit ihnen zu tun gehabt. Aber nur flüchtig. Sie halten die Form nicht, bestehen nicht. Anders die geselligen, gesprächigen Nymphen; die zieht es zum menschlichen Geschlecht, sie buhlen, wollen sich begatten lassen, damit ihre Kinder Seelen bekommen. Solches geschieht auch bei den Sylphiden, aber nur selten. Denn sie sind scheu, die Luftleute. Sie können auch nicht mit uns reden, obwohl sie Zungen haben. Warum können sie nicht? Und warum haben sie (ähnlich den Elfen) eine Obrigkeit, die andern wilden Leute aber nicht? Paracelsus bleibt uns die Antwort schuldig. Die letzte Ursache, so schließt er, ist uns verborgen, sie wird erst am Ende der Welt geoffenbart werden.

Das alles ist seltsam und wunderlich. Ein *ludibrium* vielleicht, ein Scherz, wie manche meinten? Theophrastus Bombastus von Hohenheim war kein Scherzbold. Ein Phantast, das schon. Aber einer mit Hintersinn. Mit welchem, in diesem Fall? Hermetische Hirngespinste, neuplatonische Kopfgeburten, sagten einige. Nein, sagten andere, was Paracelsus über die Elementargeister erzähle, habe außer den Namen nichts mit neuplatonischen Lehren zu tun; es sei vielmehr, meint Will-Erich Peuckert noch 1956, »ein Bekenntnis seines Väterglaubens. Ein *deutsches* Bekenntnis«. Heine hingegen mokierte sich 1837 in seinem Aufsatz »Elementargeister« über des Paracelsus Unterfangen, diesen »Väterglauben« in ein System zu zwingen und zum Beispiel, weil der Elemente vier sind, flugs die Salamander zu erfinden (sie stammen von Plinius), während es im Volksglauben doch nur *einen* wirklichen Feuergeist gebe: Luzifer, Satanas. (Trithemius und Croll, wir sahen es, hatten die Feuergeister entsprechend umgedeutet). Aber Heine selbst hat in seiner Liebe zu den Gnomen, Feen, Nixen so manches erfunden, jedenfalls hat er mehr aus Dichter- als aus Volksmund geschöpft, etwa die schlangengeschwänzten Nixen (»Glücklicher Raimund, dessen Geliebte nur zur Hälfte eine Schlange war!«). Wieder andere, wie der Spiritist Kurt Aram (1929), beteuern, man könne die Elementargeister experimentell nachweisen, theoretisch gebe es da kein Hindernis (und rühmen die Geisterfotografie, die schon Feen sichtbar gemacht habe). Am beliebtesten aber ist die Re-Dämonisierung dieser so unschuldigen, seelenlosen, selbstgenügsamen Wesen, ihre Ausrichtung auf den Menschen. Das geschah zum Beispiel – ironisierend – im *Comte de Gabalis* des Abbé Montfaucon de Villard (1638-1673), von dem man nach seiner Ermordung durch Straßenräuber sagte, als Gauner verkappte Gnomen und Sylphen hätten ihn aus dem Weg geräumt, weil er ihre Heimlichkeiten entdeckte. Verschiedene Erzählungen der deutschen Romantik schöpfen aus dem *Comte de Gabalis:* Tiecks »Elfen«, Fouqués »Undine«, Hoffmanns »Elementargeist« u. a., und immer geht es böse aus für die beteiligten Menschen.

Daß es böse enden muß mit den Geistern, meinten vor allem die dämonenfürchtigen Zeitgenossen des Paracelsus. Sie rückten die Dinge schnell zurecht, indem sie die gottfernen Hüter der Elemente christlich verteufelten. Ob beseelt oder nicht: Geister müssen böse sein. Darin war sich die katholische Kirche mit Luther und selbst mit Agrippa von Nettesheim, dem Verfasser der *Occulta Philosophia* (1531), einig. Auch der Paracelsus-Schüler Valentin Weigel, Pfarrer zu Zschopau, sah in den wilden Leuten, wie in allen Dämonen, nur wieder »Luzifer und die Seinen«. Überhaupt machten sich jetzt, in der zweiten Hälfte des 16. Jahrhunderts, die protestantischen Theologen daran, die Teufel endgültig zu bannen. Nicht durch den Exorzismus, wie das *Rituale Romanum* ihn vorschrieb, das wäre vergebliche Mühe gewesen, es gab der Teufel zu viele: 2,666 Billionen, wie ein Gottesmann ausrechnete, bis auf die letzte Stelle genau. So steht es im großen *Theatrum Diabolorum* (1569), einem Sammelwerk, das entschlossen zur Klassifikation der Teufel schritt, und zwar nach ihren Berufen und Spezialitäten. Das immerhin war neu. Im übrigen erfährt man nur das Bekannte: Sie alle sind gefallene Engel und wohnen in der Luft, wo sie wie Wolken schweben, als »Decke zwischen uns und den Engeln«, die erst am Jüngsten Tag verschwinden wird. Sie können die Luft vergiften und verpesten, können Seuchen und anderes Unheil schicken, auch Wetter machen, wenn Gott es zuläßt. Vor allem können sie vorhersehen, was sich unter dem Himmel zusammenbraut, dann schicken sie die »Hexen und Unholde«, damit sie zu zaubern beginnen... Der alte Hut. Aber er sitzt jetzt doch auf einem anderen Kopf, einem reflektierteren, der gleichsam die Luft verinnerlicht hat, als böses Gewissen. Die Teufel nämlich, so heißt es, lassen sich mit den äußeren Sinnen nicht wahrnehmen, sie sind unsichtbar, wie der Wind. Sie sind Geister. Etwa hundert Jahre später sieht der Protestant Erasmus Francisci in Satan nur noch einen Gaukler, seine Repräsentationen seien kaum mehr als »Wind, Lufft und Rauch« – sie sind aus der Luft gegriffen, aus dem Kopf. Von einem ordentlichen Geist erwartete man mehr im 17. Jahrhundert. Er mußte *wirken*.

5.

Was ist ein Geist? Henry More (1614-1687), ein englischer Theologe und Philosoph, der sich 1648 mit Descartes in einen Disput über die Unendlichkeit des Raumes einließ, wußte Bescheid. Er glaubte an Geister. Die kannte er nicht nur aus der Kabbala und dem *Corpus Hermeticum*, sondern auch – aus der Physik. Er definierte »Geist« *(spirit)* als eine *»durchlässige und untrennbare Substanz«*. Ein Körper hingegen sei eine *»undurchlässige und trennbare Substanz«*. Somit ist klar, daß ein Geist, selbst ein niedriger und

endlicher, mehr Vollkommenheit besitzt als ein Körper. Er hat »die Kraft, Materie zu durchdringen, zu bewegen und zu verändern«.
Meinte More eine Spukgestalt? Zugegeben, er war etwas wunderlich, er neigte zum Mystizismus, und die Engelliteratur, die damals in England blühte, geht zum Großteil auf ihn zurück. Aber für einen Menschen des 17. Jahrhunderts, der die Entwicklung der Naturwissenschaften verfolgte, war die Idee einer ausgedehnten, obschon nicht materiellen Substanz keineswegs ab- oder jenseitig. Solche Substanzen lagen buchstäblich in der Luft: zunächst das Licht; sodann die Gravitation und die magnetischen Kräfte; schließlich der Äther, der für die damaligen Naturphilosophen sogar noch erstaunlichere Eigenschaften aufwies als Mores Geist. Das war nicht mehr der aristotelische Äther. Die Stoa schon hatte, um die Unstimmigkeiten in der Kosmologie des Aristoteles zu vermeiden, dessen Äther durch das *Pneuma* ersetzt. Es sollte kein fünftes Element sein, nicht auf den Himmel beschränkt, sondern eine kosmische Kraft, die das Weltall erfüllt und verbindet, ähnlich der platonischen Weltseele, aber mit den regulierenden Eigenschaften des aristotelischen Äthers; also teils göttliche Macht, teils Kausalnexus, die Materie aktivierend, so wie die Seele den Körper aktiviert. Konnte eine fast immaterielle Substanz eine solche Wirkung haben? Der stoische Begriff der *Pneumaspannung* hatte einen beschwörenden Charakter. Er antizipierte die Bedeutung, die das Pneuma in der Physik des 17. Jahrhunderts, bei Descartes, Boyle, Newton gewinnen sollte, nun aber wieder unter dem Namen des Äthers, der sich seit dem 13. Jahrhundert, dank der neuen Autorität des Aristoteles, allgemein durchgesetzt hatte.
Bei Descartes dient der Äther als Medium zur Fortpflanzung von Bewegungen im interstellaren Raum. Bei Boyle ist er überdies die Ursache von Kohäsion, Elektrizität, Magnetismus. Newtons Äthermodell soll nicht nur die Gravitation und optische Erscheinungen erklären, sondern fast alles: »Vielleicht besteht der ganze Bau der Natur aus nichts anderem als aus verschiedenen Gefügen gewisser ätherischer Fluida und Dünste, die sozusagen durch Niederschlag kondensiert wurden... So mögen vielleicht alle Dinge aus dem Äther entstanden sein«, schrieb Newton 1675 an Oldenburg – als spräche er vom stoischen Pneuma! Und ist der Äther nicht sogar der Ursprung der Sinneswahrnehmungen? Im letzten Absatz der *Principia* nimmt Newton diese Hypothese nochmals auf: Äther ist eine »geistige Substanz«, die alle Körper durchdringt, alle Glieder bewegt, alle Gefühle erregt... Aber der Newtonsche Äther füllt nur die Zwischenräume der Materie aus, er mischt sich nicht mit ihr wie das stoische Pneuma. Das tut erst das »Kraftfeld« der Physik des 19. Jahrhunderts. Der mathematische Begriff des Feldes löst endlich ein, was Pneuma, Äther, Geist versprochen

hatten. Und löst deren Substantialität auf. Was immer von Gott gelten mag, die Dämonen der Luft, die Elfen, die Sylphen sind *Felder*.
Natürlich überlebten ältere Vorstellungen und wurden gelegentlich emotional besetzt. Schon im 16. und 17. Jahrhundert, als der geschlossene Kosmos der Antike und des Mittelalters barst, regte sich bei vielen die Angst, der Glaube könnte Schaden nehmen: Gott mit seinen Engeln verzog sich in den unendlichen Raum, er brauchte nicht mehr einzugreifen in seine Schöpfung, sei's direkt oder durch Mittler, die Geister. Die Welt sollte alleine zurecht kommen, auch die kleine unter dem Mond, die nun verlassen im unendlichen Ätherraum rotierte. Um sie gleichsam einzuhüllen, griff man zurück auf mythologische Überlieferungen, vor allem auf Dämonen, solche die schaden und solche die hüten – das ist der Kern der Paracelsischen Lehre von den wilden Leuten. Es folgten, im Schatten der sich entwickelnden Naturwissenschaften, immer neue Wellen der irrationalen Codierung: im 17. Jahrhundert der Mystizismus, im 18. Jahrhundert der Magnetismus, im 19. Jahrhundert der Spiritismus, in unserem der Synkretismus, im Abendprogramm. Nein, an Glauben (oder Phantasmen) mangelt es uns nicht, solange wir noch Luft bekommen, denn in der Luft, da sind sie, die Geister, die Nornen, die Elfen, Frau Holda oder Unholda mit ihrem Heer...
(Lesen Sie weiter auf Seite 1.)

Ausgewählte Literatur

Aram, Kurt: Magie und Mystik in Vergangenheit und Gegenwart (1929), 2. Aufl. Berlin 1983.
Aristoteles: Vom Himmel. Von der Seele. Von der Dichtkunst. Eingeleitet von Olof Gigon, Zürich 1950.
Augustinus: Über den Wortlaut der Genesis (De genesis ad litteram libri duodecim), deutsch von Carl Johann Perl, Paderborn 1961, 2 Bde.
Benesch, Kurt: Magie der Renaissance (Texte u. a. von Georg Pictorius, Johannes Trithemius; Arbatel), Wien 1985.
Biedermann, Hans: Handlexikon der magischen Künste von der Spätantike bis zum 19. Jahrhundert, 2. Auflage Graz 1973.
Dodds, E. R.: Heiden und Christen in einem Zeitalter der Angst, Frankfurt 1985.
Frick, Karl R. H.: Die Erleuchteten. Gnostisch-theosophische und alchemistisch-rosenkreuzerische Geheimgesellschaften..., Graz 1973.
—: Das Reich Satans (Satan und die Satanisten, Teil 1), Graz 1982.
Grimm, Jacob: Deutsche Mythologie (1835), Nachdruck der 4. Aufl. (1875 ff.), 3 Bde., Graz 1968.
Handwörterbuch des deutschen Aberglaubens, hrsg. von Hanns Bächtold-Stäubli, Berlin und Leipzig 1927-1942, Nachdruck 1987.
Heine, Heinrich: »Elementargeister« (1837), Der Salon, 3. Band.

Koslowski, Peter (Hrsg.): Gnosis und Mystik in der Geschichte der Philosophie. Zürich und München 1988.
Koyré, Alexandre: Von der geschlossenen Welt zum unendlichen Universum, Frankfurt 1969.
Meyer, Carl: Der Aberglaube des Mittelalters und der nächstfolgenden Jahrhunderte (1884), Nachdruck Wien o. J.
Michel, Karl Markus: »Vom Leib der Engel. Kurzer Lehrgang der Angelologie«, in: Michel: Von Eulen, Engeln und Sirenen, Frankfurt 1988.
Mogk, E.: »Mythologie«, in: Grundriß der germanischen Philologie, hrsg. von Hermann Paul, 1. Bd., Straßburg 1891.
Paracelsus, Theophrastus: »Liber de nymphis . . .«, in: Werke, hrsg. von Will-Erich Peuckert, Bd. 3: Philosophische Schriften, Stuttgart und München 1976.
Peuckert, Will-Erich: Pansophie. Ein Versuch zur Geschichte der weißen und schwarzen Magie, 2. Aufl. Berlin 1956.
Plinius der Ältere: Die Naturgeschichte (Historia naturalis), übersetzt und kommentiert von G. C. Wittstein, 6 Bde., Leipzig 1881.
Roskoff, Gustav: Geschichte des Teufels, 2 Bde., Leipzig 1869. Nachdruck Aalen 1967.
Sambursky, S.: Das physikalische Weltbild der Antike, Zürich und Stuttgart 1965.
Schultz, Wolfgang: Dokumente der Gnosis, Jena 1910.
Tavard, Georges: Die Engel (Handbuch der Dogmengeschichte, Bd. 2, Fsz. 2b), Freiburg, Basel, Wien 1968.
Texte der Kirchenväter, hrsg. von Alfons Heilmann, 5 Bde., München 1963.

Exkurse

Ein Nachruf für die Schublade

Die endgültige Geschichte der immerwährenden Kanzlerschaft des Helmut Kohl und ihres abrupten Endes wird noch zu schreiben sein. Der Pfälzer und seine tiefere, bleibende Bedeutung, das ist ein Topos, der die Zeit braucht, die alle Wunden heilt. Doch bei aller Atem- und Sprachlosigkeit, die uns nun befallen hat, sollten wir doch ein wenig sortieren, was uns zu diesem gewaltigen Abgang als erstes einfällt. Zunächst: Wird er uns fehlen? Objektiver gefragt: Wird die Republik ihn vermissen?

Dieser Mann war, *da hilft kein Drumrumreden* (um seine Worte zu gebrauchen), der Kanzler der achtziger Jahre. Aber sonst? Wird »die Gechichte« (Kohl), ob sie sich dem endgültigen Urteil nun mit Arnulf Baring oder, pflichtbewußter, mit Hans-Peter Schwarz nähert, das Jahrzehnt der Ellenbogen nach ihm als *Ära* benennen, à la Modell Reagan? Unmöglich ist nichts. Doch *dies ist nicht die Stunde*, würde er sagen – und das ewige Lächeln kurz abstellen, wie immer, wenn er Ernsthaftigkeit zu vermitteln suchte –, dies ist nicht die Stunde voreiliger Bilanzen. Weniger aus Gründen der Pietät, auf die es in der Politik nicht so sehr ankommt, eher, weil es uns allen schließlich, als es geschah, doch gründlich die Rede verschlug.

Der Sturz: Seit Jahr und Tag herbeiprophezeit, von ihm ignoriert, belächelt, hinweggewitzelt, durchgestanden, ja, meinetwegen, auch ausgesessen, mal im Keim erstickt, mal im letzten Moment verhindert, mehr als einmal fast perfekt, zum Greifen nahe, schier unabwendbar, dann aber – als bröckelnder Kohl – doch nicht mehr als ein *Spiegel*-Titel, und nun, plötzlich, als seine Unerschütterlichkeit die Phantasie längst betäubt, gefesselt, gelähmt hatte, ganz unvermittelt hinein in den von ihm geradezu planmäßig geförderten und erfolgreich zu seiner Corporate Identity stilisierten allgegenwärtigen Fatalismus mit feixendem Gesicht, hinein in diese öffentliche Apathie von bräsiger Gemütlichkeit im Hier und Jetzt – da geschah das Außergewöhnliche, das nicht mehr und damit bereits Un-Erwartete, das Wunder. Kohl stürzte. Und die Menschen staunten.

Wie konnte das passieren? Wie konnte *ihm* das passieren? Was uns überraschte, sollte es auch ihn unvorbereitet getroffen haben? Das ist schwer vorstellbar. Aber wer weiß? Vielleicht wurde er selbst Opfer der öffentlichen Starre, die sich im Zeichen seiner aufgesetzten, krawattennestelnden Fröhlichkeit im Lande ausgebreitet hatte. Das wäre eine besondere Ironie dieses Absturzes, denn zumindest er hätte gewappnet sein müssen, er, der immer auf der Hut, der nie arglos war. Dem Lächler war, was im Lauf der Zeit allmählich in Vergessenheit geriet, in Wahrheit nach Lächeln nie zumute. Sagen wir ruhig: im Gegenteil. Je mehr er, als er noch Herr des Rampenlichts war, nach außen lächelte, desto unbehaglicher war ihm nach innen zumute. Sie erinnern sich: Diese rätselhafte Sonnigkeit, die seinerzeit den ewig griesgrämigen Vorgänger aus Hamburg schier aus der Fassung bringen mochte, dieser fortwährende Weihnachtsbescherungs-Gestus, mit dem er sich durch Parlamentsdebatten und Pressekonferenzen hindurchsaß, kurzum das »Grinsen«, wie es die Sozialdemokraten hämisch nannten, in der verzweifelten Hoffnung, der »Grinsfaktor« würde das Bundestagswahlergebnis zu SPD-Stimmen hochrechnen: diese Miene der Bonhomie war nie so gemeint. Helmut Kohls politisches Elixier war – und wird es jetzt gewiß umso mehr sein – das Mißtrauen. Das Land des Lächelns – ein Maskenball.

Zu den wunderlichen Legenden, die er gern von sich verbreitet sah, gehörte sein personalpolitisches Genie. Diesen Mythos vom Menschenkenner Kohl begründete der Pfälzer vor zwei Jahrzehnten in der kleinen, heiteren Welt an Rhein und Mosel, wo er eine fröhliche politische Bubenschar als jüngstes Landes-Kabinett der Post-Adenauer-Republik um sich gesammelt hatte, damals, als das Regieren noch eine Gaudi und unter dem Amt noch ein Weinkeller war. Doch in der Welt der Erwachsenen, im Bonner Neonlicht, legten sich auf diesen Mythos alsbald Namen, unter denen der Glanz verblaßte: Waldemar Schreckenberger, Peter Boenisch (obwohl ihn, Sie werden lachen, viele Journalisten schließlich vermißten), Manfred Wörner (ihn nicht), Christian Schwarz-Schilling, Rupert Scholz, Friedhelm Ost (Boenisch-Nachfolger, siehe Klammersatz dort), als Beispiele.

Besonders im engsten Kreis suchte der Mißtrauische vertraute Gesichter. Dieses Auswahlprinzip ist den Großen dieser Welt gemeinsam, der »Löwe von Oggersheim«, wie ihn die *Bild*-Zeitung in einer seiner vielen schweren Stunden nannte (»... kämpft und kämpft und kämpft«), trieb es auf die Spitze. Nicht nur vertraut mußten die Gesichter um ihn herum sein, die Menschen des Kanzlers mußten ihm obendrein anhänglich zugetan und treu ergeben sein sowie das Leben und dessen genußvolle Seiten gerade dann lieben, wenn er es tat, das hieß abends um neun. Dann, wenn anderswo, zum Beispiel in Hamburger Chefetagen, Johnnie Walker kommt, war in Kohls Bonn *Carbonara-Time*. Da half kein Widerspruch, nur Ausdauer und Stehvermögen, Vertrauen geht durch den Magen, was auf den Tisch kommt, wird gegessen. Pasta!

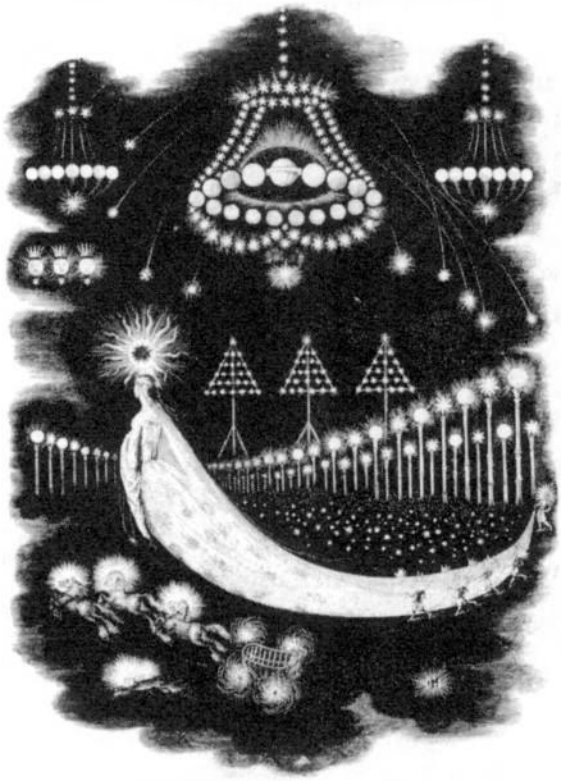
Da wird Appetit zur Überlebensfrage. Und wer dem Ritual nicht Tribut zollte, wer obendrein vielleicht den ungeschriebenen Hierarchien des Amtes nicht hinreichend huldigte, der sah allmählich alt aus. Außer durch den Magen ging Vertrauen in Kohls restaurantivem Regime auch durch die Gunst des Vorzimmers, die nicht leicht zu gewinnen war (die Sicherheitsüberprüfung ist nichts dagegen). Und wehe, wer sie verlor.

Ein solches Arbeitsambiente birgt seine Reize, doch fraglos auch spezielle Ge-

fahren, denen Kohls Cucina-Kabinett letztlich erlag: Zuviel Nähe macht blind. Um es gebildet zu sagen: Die Kultur der Intimität immunisiert bis zur Unempfindlichkeit. Natürlich hat Helmut Kohl die bedingungslose Art gefallen, in der der Chor seiner Mit-Esser das 1. Gebot – *Ja zur Lebensfreude* – im Bonner Alltag als »Ja, Herr Bundeskanzler« übersetzte.

Was wunder, daß die etwas anders gestrickten Vorschläge, Papiere und Leitanträge von den »Modernisierern« aus dem Konrad-Adenauer-Haus mit der Zeit an den Nerven zerrten (*unnötig wie ein Kropf*), erst recht dieses ganze Links-Rechts-Theater, der Richtungsstreit. Dazu noch dieser Späth mit seinen Büchern, Sprüchen, *Spiegel*-Interviews, Lafontaine-Diskussionen und Beliebtheitswerten. Na wenn schon? Was, vielleicht sollten wir ihm da wenigstens hinterdrein beipflichten, was sagen schon Beliebtheitsdaten? Ist der Kanzlerbonus etwa eine politische Tugend? Helmut Kohl ist lange Zeit ohne dieses obskure Kriterium ausgekommen, ehe er ins Bodenlose sank. Hinz und Kunz waren beliebter als er, ohne daß es ihm etwas anzuhaben schien, vor allem Lothar Späth war beliebter, und ebenso Rita Süssmuth. Vielleicht wird sie eines Tages, in all ihrer liebenswürdigen Unverbindlichkeit, Nachfolgerin von Präsident Silberzunge. Zu jenem aber gehört Mayer-Vorfelder als national gesinnter Bildungsminister so unverbrüchlich wie Bitburg zu Kohl – da kann einem der Bonus eigentlich gestohlen bleiben.

Dieser Kanzler der achtziger Jahre hat viel gesehen in seinem politischen Leben, in dem er stets Vorsitzender war, von der Schüler-Union daheim in der Pfalz bis zu Partei, Fraktion und dann Regierung im Bund. Nacht über Bonn, auf dem Firmament funkeln Satelliten und Sterne, und der Kanzler, immer noch ahnungslos, sinnierte: »Ich habe Sterne kommen und gehen sehen in großer Zahl, und deswegen betrachte ich die Welt mit großer Gelassenheit.«



Und während er, gelassen, wie er nie war, in den nächtlichen Himmel guckte und vielleicht auch ein bißchen meditierte, schwupp, erlosch da sein eigener Stern. Ganz einfach so. Und wir, die wir Lichtjahre entfernt sind, haben das natürlich erst jetzt, viel später, gemerkt.

Werner A. Perger

Orkustour

Wieder beginnt eine Reisesaison, ohne daß eine schmerzliche Lücke in den Touristik-Programmen geschlossen wäre: die Orkustour. Überall können wir uns hinkarren lassen, in die hintersten und finstersten Winkel der Welt, nur nicht an den Ort, wohin doch so mancher manchen wünscht – zur Hölle, in die Unterwelt. Als wäre das kein heißer Trip! Fehlt es uns an Neugier auf

diesen Ort, weil wir ohnehin einmal dort landen werden, und früh genug? Wenn dem so wäre, würden wir eine andere Endstation, zu der es uns ebensowenig zieht, nicht immer wieder gierig in Augenschein nehmen, im Glottertal und anderswo, nämlich die Intensivstation. Oder läßt die Hölle uns kalt, weil wir als Touristen dort gar keinen Einlaß fänden? Das ist gleichfalls abzuweisen. Denn wir stehen ja auch erschauernd vor der Verbotenen Stadt, am Kraterrand des Vesuv oder am Loch Ness, ohne hineinzukommen. Alle Löcher, Höhlen, Schlünde faszinieren uns. Wenn wir dieses eine, letzthinnige Loch dennoch meiden, muß ein besonderer Grund vorliegen. Vielleicht ein Fluch? Nein, der Grund ist ganz banal: die Wissenden sind sich nicht einig über den

wahren Weg zur Hölle. Wo ist das Tor? Aber gerade diese Unsicherheit könnte die Chance der Touristik sein. Was wir brauchen, sind Fahrten zu vielen verschiedenen Hölleneingängen, damit wir uns ein eigenes Urteil bilden können.

Wir wissen natürlich, daß die Hölle sich praktisch überall auftun kann, um einen privilegierten Sünder zu verschlingen, einen Doktor Faustus oder Don Juan. Aber dann schließt die Erde sich wieder, nur ein Brandmal bleibt zurück. Für die normalen Sünder gibt es andere, gleichsam öffentliche Schlünde. Oder es gab sie einmal. Jeder kennt aus seiner näheren Umgebung irgendein Höllental oder Höllentor. Nur selten läßt es uns erschauern, die Dämonen sind verzogen, jetzt stehen dort Eigenheime herum. Wir wollen mehr, wollen Unheimliches. In anderen Ländern läßt es sich noch finden. Deshalb sollten diese Orte schleunigst, bevor die Zivilisation auch sie entweiht, für den gehobenen Tourismus gerettet werden.

Wir fordern Unterwelt-Reiseprogramme. Eines für bescheidenere Ansprüche könnte sich auf den Mittelmeerraum beschränken. Ägypten hätte da allerlei zu bieten, Jenseitsfahrten auf dem Nil und ähnliches. Unverzichtbar wäre sodann der Urort der christlichen Höllenvisionen, Gehennah, das ist das Tal Ben Hinnom südlich von Jerusalem, wo einst dem Gotte Moloch Kinder gebraten wurden; in der Trockenzeit herrscht dort eine Temperatur von 40 Grad Celsius. Weiter ginge es dann zur griechischen und römischen Orkographie: Wo stieg Odysseus in den Tartaros, und wo Aeneas? Es gibt, wie zu erwarten, mehrere Orte, die sich diese Ehre streitig machen. Ebenso umstritten ist die Frage, durch welchen Eingang Dante ins Inferno kam, denn die berühmte Inschrift – »Lasciate ogni speranza...« – gibt's nicht mehr.

Wir wollen diese Tour nicht weiter ausmalen, denn sie ist noch nicht das, was uns vorschwebt. Uns hat ja unlängst die Kulturwelle gepackt, als Ablösung und Steigerung der kulinarischen Welle, die wir im Sternbild der Nouvelle Cuisine erfuhren (es war oft ein Kreuz). Nachdem wir also jahrelang Gemälde statt Gerichte auf den Tellern hatten und uns asketisch in die Disziplin des höheren Geschmacks einüben konnten, sind wir nun reif für einen noch höheren, noch

geistigeren Genuß, den wir uns aber nicht gern zu Hause antun, wir wollen dazu lieber auf Reisen gehen, und zwar im kleinen, auserwählten Kreis, als säßen wir zu Tische. Während andere die verschiedenen Tore des Inferno abhaken, erinnern wir uns, daß Dante nur wenig über den Eingang zur Hölle sagt, dafür um so mehr über ihre Architektur: ein Trichter unter der Erdoberfläche, dessen Scheitel im Erdmittelpunkt liegt und an dessen Innenwand, terrassenförmig, die neun Höllenkreise aufeinander folgen. Dort gibt es die phantastischsten Höllenlandschaften. Doch diese unterirdische Phantastik – der Dichter verweist immer wieder darauf – ist irdischen Ursprungs. Dante hat wirkliche Landschaften nachgebildet, man kann sie zum Teil noch heute finden. Wir stellen uns also vor: ein Bus voller Dante-Fans, die *Divina Commedia* unterm Arm, fährt mit einem kundigen Führer durch Italien und sucht diese Landschaften auf, vergleicht das infernalische Bild mit dem irdischen Modell, entdeckt dabei Italien neu:

Zum Beispiel im achten Höllenkreis der Selbstmörderwald, die Schlangengrube, wo die Diebe zittern, die Fiebermulde, wo die Fälscher schmachten: ja, das ist die Maremma an der toskanischen Küste zwischen Cecina und Taormina! Viel ist zwar nicht mehr übrig geblieben von diesem versteppten, versumpften, verseuchten Gebiet, aber es gibt noch ein paar Reservate, die man bestaunen kann. Oder die Kaskaden des Phlegeton, des Blutflusses, der vom siebten Höllenkreis, wo die Mörder und Tyrannen büßen, in die Tiefe donnert: wir finden ihn wieder am Hang des Apennin, er heißt Acquachete und stürzt dort dröhnend hinab wie in einen Höllentrichter. Und so weiter, quer durch Dantes Welt, vom alpinen Steinrutsch am Trento, der den Höllentrichter präfiguriert, bis zu den dräuenden Geschlechtertürmen von Monteriggioni, die als infernalische Giganten wiederkehren. Wer von einer solchen Reise zurückkehrte, könnte wahrhaft sagen, er sei in der Hölle gewesen; und er habe nun das Inferno Dantes begriffen – als Abbild *dieser* Welt.

Eine nächste Reise könnte uns noch tiefer in die Wirklichkeit führen: im Kielwasser des Odysseus. Wir denken dabei

nicht an das lächerliche Herumpaddeln im Mittelmeer, die bequeme Wiederholung jener »Irrfahrten« zwischen Troja und Ithaka, mit längeren Zwischenaufenthalten in diesem oder jenem Bett – nein! Seit ein paar Jahren steht nun fest, dank der Forschungen von Christine Pellech, daß die Odyssee eine antike Weltumseglung beschreibt oder umdichtet oder »aufhebt« in mythologischen Bildern. Die Quelle ist phönizisch. Aber das geographische und navigatorische Wissen der Phönizier war damals schon vergessen und blieb es für gut 2000 Jahre; deshalb liest man die Odyssee noch heute als ein Epos aus Seemannsgarn. Endlich wissen wir's besser; jetzt können wir dem listenreichen Odysseus in Welten folgen, die er selbst gar nicht gesehen hat. Zunächst durchs Mittelmeer zu den Lotophagen und Kyklopen; dann durch die Straße

von Gibraltar hoch hinauf in den Norden bis zu einer Insel jenseits des Polarkreises, Aiaia, wo die Zauberin Kirke den Helden lange wärmt. Als sie ihn dann entläßt, beschreibt sie ihm den Weg nach Hause – über den Tartaros. Die Angaben sind so detailliert, daß auch wir »das modrige Haus des Hades« nicht verfehlen können: Wir überqueren (auf der alten Wikinger-Route) den Atlantik, kommen zur Mündung des St.-Lorenzstromes und dann zu den Niagarafällen. Hier sind wirklich alle Hades-Requisiten versammelt: Kokytos, Phlegeton, Acheron, Styx usw. Es gibt auch

noch die schauerliche Höhle, durch welche der Dulder hinabstieg zu den Toten, wie ihm geheißen. Doch dieser Weg bleibt uns versperrt.

Wir müssen dazu wissen, daß die alten Griechen eine geographische »Unterwelt« nicht kannten, nur eine mythologische, das Totenreich, das sie auf der Rückseite der flachen, von Okeanos umschlossenen Erdscheibe lokalisierten. Odysseus verläßt also die Welt der Sterblichen, indem er den Okeanos, den Atlantik überquert, und kommt zu den zwei Jenseits-Inseln, den Strophaden (wir nennen sie die beiden Amerika), von denen die nördliche – wen wundert es? – als Reich der Toten, die südliche hingegen als Sitz der Götter galt. So wurde die phönizische Quelle dem griechischen Weltbild angepaßt. Und da, jener Quelle zufolge, die beiden Inseln miteinander verbunden sind, muß nun auch Odysseus, will er nach Hause finden, um sie herum fahren, zunächst nach Süden, vorbei an der Wiese der todbringenden Sirenen (am gefährlichen Kap São Roque), dann an den Plankten (an Feuerland) vorbei zum Pazifik, den er überquert, zwischen Skylla und Charybdis hindurch; so kommt er zum Indischen Ozean und schließlich, nach einem Abstecher zum Golf, zu Kalypso, ins Rote Meer und nach Ägypten, zu Nausikaa. Und endlich heim zur wartenden Gattin.

Wer würde da nicht gerne mit- oder besser nachfahren! Ein bißchen schneller als Odysseus und komfortabler, das schon; aber mit dem Text des Homer in der Hand, so wie Homer ein unverstandenes phönizisches Logbuch benutzte ... Statt dessen werden uns trostlose Kreuzfahrten auf Musikdampfern angeboten, mit einer kulturellen Betreuung für Analphabeten. Und wenn man heimkehrt, hat man nur *eine* Welt gesehen, die eigene, und weiß noch nicht einmal, bei wem sie abgeschrieben ist. Wir wollen mehr! Wir wollen Reisen in die Kultur! Es muß ja nicht immer die Unterwelt sein. Ein findiger Organisator könnte zum Beispiel »historische Reisen« anbieten: Remakes der Expeditionen etwa von Marco Polo oder Captain Cook. Oder er könnte den Abenteuerurlaub therapeutisch aufrüsten, und zwar nach dem Muster utopischer Romane des 17. Jahrhunderts, in denen eine Gruppe Schiffbrüchiger auf einer einsamen Insel angespült wird mit nichts in der Hand, es sei denn vielleicht eine Bibel, eine Pistole, ein Fäßchen Rum. Und nun müssen sie, Männlein

und Weiblein, gemeinsam überleben. Sie wissen nicht, wie lange – drei Tage, drei Wochen, drei Jahre? Wir wollen nicht unmenschlich sein und die Frist begrenzen, wollen auch einen Rettungshubschrauber bereitstellen, für den äußersten Fall. Aber sonst gäbe es keinerlei Betreuung und Berieselung. Bis ein Schiff kommt und sie befreit aus ihrem Paradies. Dann dürften sie mit noch mehr Recht als die Inferno-Reisenden sagen: *Es war die Hölle.*

Karl Markus Michel

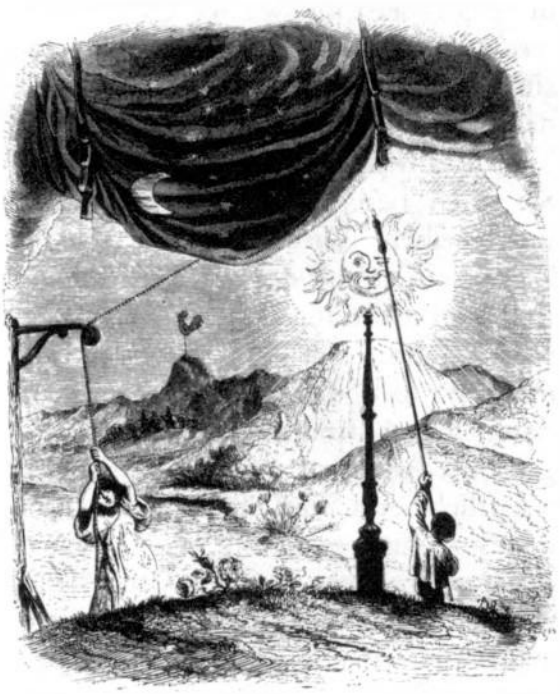
ABC-Markt

Am 15. März dieses Jahres meldeten die Wiener Zeitungen: »Invasion der Ungarn. Stadt und Polizei fühlen sich gerüstet.« Tags darauf folgte die – unerwartete – Entwarnung: »Das Chaos ist ausgeblieben.« Hunderte Geschäftsleute in Wien und im grenznahen Burgenland zogen lange Gesichter und waren enttäuscht. Nur an die 200 Autobusse und etwa 9000 Pkw waren an diesem neuen, von den Medien so umsichtig angekündigten ungarischen Nationalfeiertag über die Grenze und in die österreichischen Einkaufszentren gestürmt.

An diesem 15. März hatten sich in Budapest Regierung und Opposition erstmals zusammengefunden, und zwar unter dem lange Zeit verbotenen »Kossuth«-Wappen. Die Regierung rief den Jahrestag des ungarischen Aufstandes gegen Habsburg von 1848 zum neuen Nationalfeiertag aus. Abgelöst wurde mit dem Dekret das bisherige Fest zum 7. November, dem Tag der Oktoberrevolution.

Ungarns jeweiliger Nationalfeiertag – an dem arbeitsfrei ist – wurde in Wien zum geschäftlichen Ereignis. Am 7. November des Vorjahres war Wien erstmals dem magyarischen Ansturm erlegen. Der zweite, in diesem Jahr, war von geringerer Wucht. Doch immer noch hatten Tausende aus dem Nachbarland Oma und Kinder in den Skoda, Moskvich oder Trabant gepackt, um die Zollfreigrenze pro Person voll zu nutzen, und waren einkaufen gefahren. Allein im Vorjahr sollen ein bis eineinhalb Milliarden Mark bei solchen Konsumtouren ausgegeben worden sein. Etwa die Hälfte des Betrags wurde in Unterhaltungselektronik, Haushaltsgeräte und Kleincomputer investiert.

Die Überlandstraße, die den Grenzposten Nickelsdorf mit Wien verbindet, heißt längst »Gorenje Utca«. »Utca« (Straße) steht für die Billigmarke von Waschmaschinen und anderem Haushaltsgerät. Bis vor kurzem wurden noch Tiefkühltruhen entlang dieser Straße direkt vom Lastwagen herunter verkauft. Als die Gewerbebehörde einschritt, verlagerte sich das Geschäft in aufgelassene Tankstellen mit der Aufschrift »Jeans



und Video«. Großflächige Anzeigen in ungarischen Zeitungen sowie Hinweisschilder an markanten Punkten zwischen Sopron und Budapest, die für Elektro- und Elektronik-Gemischtwa-

renläden in Wiens Mariahilferstraße werben, sind seit einigen Jahren eine Selbstverständlichkeit. Ich übertreibe nicht.

Die Mariahilferstraße, einst Wiens populärster Einkaufskilometer, ist fest in ungarischer Hand. Exilungarn, die 1956, nach der sowjetischen Invasion, flüchteten, hatten die ersten Läden eröffnet. Unterdessen teilen sie die Verkaufsflächen mit Landsleuten, die sich hier ein zweites geschäftliches Standbein geschaffen haben. Doch auch die Konsumtempel an der Peripherie schlagen neuerdings gern die ungarischen Nationalfarben grün, weiß und rot an.

Die Wiener Geschäftsleute beklagen sich. Sie konnten oder wollten nicht mithalten mit der Spezialisierung im magyarischen Warensortiment. Es umfaßt ausgewählte Typen von TV-Geräten, Videorecordern, Uhren, Computern – nicht unbedingt den billigsten – sowie Textilien und Kaffee, alles vereint in einem meist nur wenige Quadratmeter kleinen Raum. Die Lokalmieten sind, wenigstens derzeit noch, hoch in der Mariahilferstraße, die nun Magyarhilferutca heißt.

Sie seien bereits »geübte« Einkäufer, umschreiben Wirtschaftsexperten die Zielsicherheit, mit der die Touristen aus Budapest nicht durch die Gassen flanieren, sondern mit Einkaufslisten, die ihrem Budget oder den zu Hause eingesammelten Aufträgen entsprechen, ausgewählte Adressen anlaufen. Volkswirtschaftlich betrachtet, fügen die Experten mit Sorgenmiene hinzu, sei das ganze ein fragwürdiges Geschäft. Umgeschlagen würden ausschließlich Waren, die auch Österreich bloß importiere. In heimischen Kassen bleibe kaum mehr als die Handelsspanne plus Steuern. Wegen der mitgebrachten Jausenpakete schaue selbst das Gastgewerbe in aller Regel durch die Finger.

Da habt ihr es, und wollt es nicht. Denn eingelöst wird, wenn auch in unerwarteter Form, was noch vor fünf Jahren christlich-soziale Politiker in Österreich als zukunftsträchtige, die Grenzen zwischen den ideologischen Blöcken sprengende Idee anzupreisen versuchten: die Wiederbelebung der mitteleuropäischen Identität.

Die durch den Ersten und Zweiten Weltkrieg zerschlagene Einheit des Donauraums – so die These – sollte zumindest im Kulturellen neu belebt werden. Gemeint waren die Gebiete der versunkenen Monarchie. Da die Beziehungen zwischen Wien und Prag jedoch traditionell schwierig sind, hatten die neuen Mitteleuropäer ohnedies Budapest als ersten Ankerplatz auserwählt. Während nun Kulturraum und Identität auf immer neuen Symposien erörtert wurden und die Grenze sich – erst einmal nur von West nach Ost – wirtschaftlich zu öffnen begann, stellten sich bereits die ersten pragmatischen Grenzgänger aus Österreich um Salami und Barack-Schnaps in Sopron, vormals Ödenburg, an.

Derzeit sind Mitteleuropa-Symposien ein Auslaufmodell. Statt dessen gehört es zum festen Bestand an Kollektivwissen unter Ost-Österreichern, daß die Abkürzung »ABC« nicht das Alphabet meint, sondern den Lebensmittelgroßmarkt an der Arpád Utca im Zentrum von Sopron. Sie wissen auch, daß Salami heute nur noch bei telefonischer Vorbestellung zu kriegen ist. Die Preise von Brillengestellen, einer sorgfältig gelegten Dauerwelle oder, als größtem Diskontschlager, von Zahnbehandlungen werden aufmerksam verfolgt.

Probleme konnten nicht ausbleiben. Daß in Sopron mit ungarischen Tiraden auf die kaufwütigen Österreicher geschimpft wird, ganz so wie in der Mariahilferstraße auf Wienerisch gegen die Ungarn, ist das geringste. Erste Existenzängste äußerten Kaufleute und Fri-

seure nahe der Grenze, die sehr wohl die neuen Ziele ihrer verlorenen Kunden kennen. Manche tragen sich mit dem Gedanken an einen direkten Zugriff auf den ungarischen Markt. Eine Filiale hinter dem »Eisernen Vorhang« wäre das beste.

Der Boom hat eine Dynamik und Unübersichtlichkeit erreicht, wie sie Ökonomen und Politiker nur selten schätzen. Bilaterale Wirtschaftsbeziehungen wären gewiß willkommen. Seit Jahren werden bessere Hotels in Ungarn von österreichischen Baufirmen errichtet. Als nun gegen das gigantische Donau-Kraftwerksprojekt in Nagymarós nicht nur ungarische Umweltschützer protestierten, sondern auch österreichische Grüne, ereiferte sich die österreichische Bauwirtschaft gegen die Einmischung von Österreichern im Ausland.

Die politische Debatte um »Mitteleuropa« war nur ein kultur-ideologischer Nebenschauplatz. Wiens großer und weiter Blick gilt heute der EG. Der Streit, ob Österreich der Gemeinschaft beitreten soll oder nicht, ob ein neutrales Land – das seine guten Verbindungen mit dem »Osten« kräftig nutzt – überhaupt beitreten darf, ist ein Thema von gewichtigerem Format. Nur, sollte Österreich beitreten, was wird dann aus dem Ungarngeschäft? Darf ein neues EG-Land die eben erst geschaffene Hintertüre behalten?

Die großen Projekte verlieren ihr Prestige, sobald liebgewonnene und praktische Alltäglichkeiten gefährdet sind. Unmut gegen die anfängliche EG-Euphorie regt sich dort, wo schon jetzt die Schranken und Grenzen des Marktes erkennbar werden. Sogar die Weltausstellung, die Wien und Budapest gemeinsam und in oft seltsamer Mischung aus Welt- und Selbstherrlichkeit für 1995 planen, wird auf der Gerüchtebörse argwöhnisch beäugt. Wir dürfen zahlen, wissen die Bürger von Wien, und die Ungarn als attraktiv-exotisches Neuland räumen ab. Straßeninterviews in Budapest bezeugen das Gegenteil: natürlich könne nur der Westen kassieren, und Budapest, schon jetzt verschuldet bis zum Hals, bleibe arm.

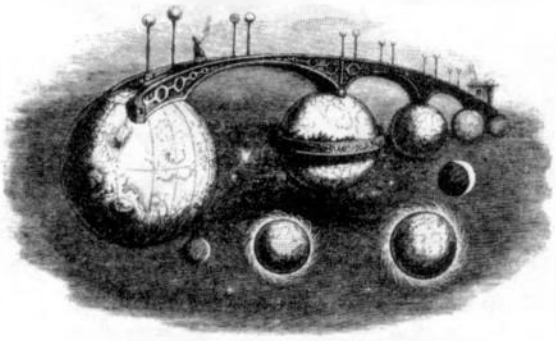
Es ist ein Schlamassel der Unübersichtlichkeit. Vor dem ABC-Markt in Sopron frage ich Kunden aus Wien, weshalb sie hier seien. Der eine besucht seinen Neffen, der andere wollte sich nur einmal umsehen, die vierköpfige Familie unternahm einen Tagesausflug. Interessantes zu kaufen gebe es ohnedies nicht. So sprachen sie ins Mikrophon und enteilten, schnurstracks, ins Geschäft. Der Reporter stand als einziger da mit dem prallgefüllten Plastiksackerl in der Hand.

Das könnte bald anders sein. Zwischen den Grenzposten soll nämlich eine blocküberschreitende »Duty-free Zone« entstehen, mit einem Haus im Westen (Computer, Video, TV) und einem im Osten (Salami, Gänseleber, Barack). Es wäre der kleinste und unbürokratischste Binnenmarkt in Europa.

Rüdiger Wischenbart

Weltraumdreck

Im verflossenen Jahrzehnt ist unsere Sensibilität für die Zerstörung der menschlichen Umwelt geweckt worden und ständig gewachsen. In einem Bereich aber scheint es nicht so zu sein: im die Erde umgebenden Weltraum. Von der Erde aus gesehen, ist der Weltraum ein unfaßbar großes Gebiet, wo unendlich viel Platz für Müll und Abfall jegli-



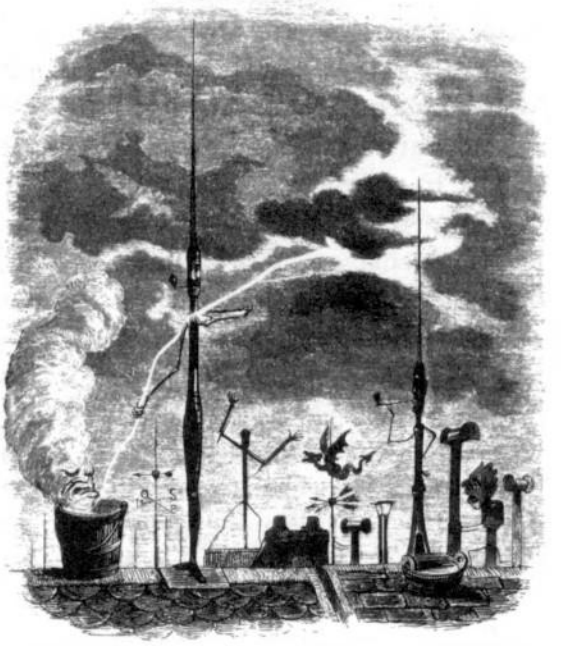
cher Art vorhanden sein sollte. Darum kümmert uns wenig, wer und womit er den Weltraum verschmutzt, und es gibt bereits genügend Vorschläge, den auf der Erde anfallenden Müll in den Weltraum hinauszuschießen; sie alle scheitern allerdings am Preis, den diese Art Müllbeseitigung haben würde: Sie wäre kostspieliger als jede Luxusgüterproduktion.

Gegen diese Haltung ist durchaus nichts einzuwenden, solange sie sich auf den Weltraum als Ganzes bezieht; für menschliche Begriffe ist er nahezu leer, unendlich ausgedehnt und von sich aus »dreckig«, das heißt angefüllt mit verdünnten Gaswolken, dunkler Materie und Strahlung. Eine schlechte *Science-Fiction*-Literatur führt uns außerdem ununterbrochen vor Augen, wie Kriege im Weltraum ausgefochten werden, bei denen Raumschiffe explodieren und Weltraumflotten vernichtet werden. Solche Bilder werden zur Selbstverständlichkeit und setzen unsere Empfindlichkeit für die Sauberkeit des Weltraums herab.

Die Wirklichkeit sieht anders aus. Was uns da von fernen Gebieten des Universums vorgegaukelt wird, ist und bleibt reine Illusion. Aus energietechnischen Gründen, die zugleich auch immer Kosten- und Zeitgründe sind, wird sich die Menschheit auch noch in Jahrhunderten nur in unmittelbarer Nähe der Erde, bestenfalls bis zu den erdnächsten Planeten bewegen und tummeln können. Die überwiegende Zahl der Raumflugkörper befindet sich in Entfernungen von weniger als 5000 km von der Erdoberfläche und ist durch die Schwerkraft an die Erde gebunden. Auch die weiter fliegenden Satelliten kreisen immer noch um die Erde und kommen in periodischen Abständen wie Kometen zu ihr zurück. Die Newtonschen Bewegungsgleichungen lassen nichts anderes zu. Nur eine verschwindend kleine Zahl von Satelliten ist auf so hohe »Flucht«geschwindigkeiten beschleunigt worden, daß sie aus dem Einzugsbereich der Erde hinaus in den interplanetaren Raum gelangen konnten, sich immer weiter entfernen und schließlich im Weltraum verlorengehen. Sie fallen nicht ins Gewicht. Die Zahl der anderen beläuft sich gegenwärtig auf mehr als 7000 Objekte, deren Bahnen von der Erde aus verfolgt werden und bekannt sind. 350 von ihnen sind zur Zeit noch aktiv, die übrigen sind tote Satelliten, deren aktive Phase meist aus Gründen der Energieversorgung beendet ist. Hinzu kommt eine nicht genau bekannte Zahl verlorengegangener Objekte, deren Bahnen unbekannt sind und nicht mehr gefunden werden können. Wahrscheinlich gibt es davon ungefähr ebensoviele wie bekannte. Wenn sie sich in größerem Abstand als etwa 1000 km von der Erdoberfläche befinden, leben sie sehr lange, werden nur geringfügig bei jedem Eintritt in die Hochatmosphäre abgebremst und verglühen schließlich nach Jahren oder Jahrzehnten in der Atmo-

sphäre. Solange das nicht passiert, stellen sie Einzelkörper dar, die bei einem direkten Zusammenstoß mit anderen Satelliten und Raketen sehr gefährlich sind. Solche Zusammenstöße sind natürlich äußerst selten und bei der Größe des erdnahen Raumes auch wenig wahrscheinlich. Darum ist die Gefahr, die von diesen »heilen« Objekten ausgeht, bei der gegenwärtigen Dichte noch nicht erheblich, muß aber in Zukunft in Rechnung gezogen werden, wenn die Startrate von Raketen und Satelliten wie bisher weiter wächst, und insbesondere dann, wenn bemannte Satelliten oder Flugkörper in den Weltraum geschossen werden. Solange die genauen Bahnen der Körper bekannt sind, ist das theoretisch noch möglich; kompliziert wird es jedoch, wenn es sich um sehr große Zahlen von Flugkörpern handelt.

Die Hauptgefahr geht aber nicht von den Objekten selbst aus, sondern von ihren Zerfallsprodukten bei Explosionen, Zusammenstößen, ja schon von den Resten, die beim Sprengen und Verglühen der sie hinaustragenden Raketen oder der Körper selbst übrigbleiben. Explosionen erzeugen einige Hunderttausend Bruchstücke von Zentimetergröße und kleiner, die mit hohen Geschwindigkeiten und in großen Wolken unkontrollierbar in der Erdumgebung herumschwirren. Für die Vorgänge an der Erdoberfläche spielen sie keine Rolle, denn jedes dieser Teilchen, wenn es die Atmosphäre betritt, verglüht unweigerlich und erzeugt eine kleine Metalldampfwolke. Darüber braucht man sich vorläufig nicht zu beunruhigen. Schlimmer bestellt ist es allerdings um die Gefahren für andere Raumflugkörper, seien sie nun bemannt oder nicht. Ein Zusammenstoß mit einem einzigen dieser kleinen Teilchen ist in der Regel fatal, da die Splitter mit ihren hohen Geschwindigkeiten die Satelliten beschädigen und ihre Funktionen gefährden. Wenn die Teilchen in Wolken kommen, bedeutet das in der Regel den Tod des betreffenden Objekts, so als setzte man das hochempfindliche Gerät einem Sandstrahlgebläse aus. Es ist zu vermuten, daß bereits mehrere Satelliten auf diese Weise funktionsunfähig gemacht worden sind. Wieviele solche Wolken im erdnahen Raum herumschwirren und wo sie sich befinden, läßt sich nicht genau schätzen. Ihre Lokalisierung ist von der Erde aus nicht möglich. Vermutlich sind es einige tausend, die sich langsam diffus um die Erde herum verteilen, sich dabei verdünnen und insgesamt mehrere Millionen kleine Splitter enthalten. Natürlich ist die Zahl der Splitter pro Kubikzentimeter, ihre Dichte, sehr klein; aber bei dem veranschlagten Wachstum der Satelliten- und Raketenstarts und insbesondere, wenn in zunehmendem Maße militärische Explosionen im Weltraum stattfinden, wird die wachsende Raumverschmutzung Weltraumexperimente und jede



Art von Weltraumfahrt progressiv gefährlicher werden lassen.

Ein Projekt wie SDI grübe sich damit selbst das Grab, wäre es nicht von sich aus illusorisch und undurchführbar. Die

Menge der geplanten Weltraumversuche würde seine höchstempfindlichen Spiegel, Sensoren und Geräte auf Dauer so sehr gefährden, daß an ein Funktionieren als Abwehrsystem kaum zu denken wäre. Doch auch die Raumüberwachung der militärischen Aktivitäten auf der Erde, das Kontroll- und Informationssystem, das heute vor allem auf Satellitenbasis arbeitet, wird durch die Raumverschmutzung und die vorgesehenen Weltraumexperimente militärischer Natur beeinträchtigt und möglicherweise außer Kraft gesetzt. Diese Entwicklung kann nicht im Interesse der Großmächte liegen und wirkt sich automatisch destabilisierend auf die politische Weltlage aus. Weltraumwaffen müßten schon aus den genannten Gründen prinzipiell verboten werden.

Andere Formen der Raumverschmutzung drohen von reaktorgetriebenen Satelliten. Zwei Unglücksfälle sind bereits bekannt geworden, in denen solche reaktorgetriebene Satelliten abstürzten. Ein dritter konnte gerade noch abgewendet werden. Möglicherweise sind solche Abstürze auf Interaktionen mit Weltraumschmutz zurückzuführen, die die Satelliten außer Kontrolle gebracht haben. In jedem Falle ist die Gefahr, die von derartigen Satelliten ausgeht, nicht zu unterschätzen. Will man sie weiterhin betreiben, so müssen sie in großer Entfernung von der Erde (mehr als 5000 km) angesiedelt werden. Dort ist ihre Lebensdauer sehr lang, wenn sie sich auf ungefähr kreisförmiger Bahn um die Erde bewegen. Sie können dort Tausende von Jahren überleben, vorausgesetzt, sie werden nicht durch Einwirkungen der erwähnten Art zerstört.

Schließlich ist kürzlich bekannt geworden, daß der erdnahe Weltraum von der Erdoberfläche aus durch die Menge der von irdischen Radiosendern ausgestrahlten Radiowellen »verschmutzt« wird. Tagsüber ist die von der Sonne erzeugte Ionisation der oberen Atmosphäre so hoch, daß Radiostrahlung mit Wellenlängen größer als das UKW-Band nicht hindurchgelassen werden. Nachts allerdings sinkt die Ionisation stark ab. Dann kommt es zum Durchbruch von Radiowellen durch die Ionosphäre. Messungen haben einen Anstieg der irdisch erzeugten Radiowellenintensität bei niedrigen Frequenzen in den letzten zehn Jahren um einen Faktor 10 nachgewiesen. Diese Art Verschmutzung berührt den Laien kaum; sie ist jedoch zum Beispiel für den Radioastronomen ein großes Ärgernis, wenn er die von unserer Galaxis ausgehende Strahlung genauer vermessen will. Andererseits ist sie ein Indiz für den ständig zunehmenden Einfluß des Menschen auch auf die fernere Umgebung der Erde.

Was sollen wir uns aber die Köpfe zerbrechen über diese Gebiete, die so weit entfernt von unserer täglichen Erfahrung liegen? Es wäre schön, wenn es so wäre, wenn sich nur Radioastronomen und Weltraumwissenschaftler für den erdnahen Raum interessierten. Inzwischen aber ist die Weltraumfahrt mit der an sie angekoppelten Industrie eine der treibenden Kräfte der industriellen Entwicklung geworden und wird voraussichtlich in Zukunft ihre Bedeutung immer stärker ausbauen. Schon allein die Telekommunikation, die Kartierung der Erde, die Ressourcensuche, die Überwachung des Wetters, der Umweltentwicklung lassen sich kaum von einer anderen Stelle als aus dem Weltraum mit genügender Genauigkeit und den heutigen Anforderungen entsprechender Sicherheit ausführen. Fernerkundung in jeder Form basiert auf der Verfügbarkeit über eine sichere und gut funktionierende Weltraumindustrie, die nicht auf bemannte Raumfahrt ausgerichtet sein muß. Damit sie funktioniert, werden an die erdgebundene Industrie Anforderungen gestellt, die vorher undenkbar

waren und die den Anstoß zur weiteren technischen Entwicklung geben. Es ist unklar, ob das alles gutgeheißen werden kann; die Entwicklung in dieser Richtung ist aber, nachdem sie einmal ins Rollen gekommen ist, überhaupt nicht mehr aufzuhalten. Das Verlangen nach technischen Neuerungen und Verbesserungen geht nicht nur von der Industrie aus, sondern auch vom Verbraucher, zu dem der Mensch in unserer Zeit degradiert ist.

Die friedliche Nutzung des Weltraums ist durchaus wünschenswert und nicht nur unvermeidbar. Sie kann aber nicht unkontrolliert und unbedacht erfolgen. Sinnlose und überflüssige Experimente verbieten sich; vor allem aber verbieten sich alle Aktivitäten im Weltraum, die zu einer Vermehrung des Weltraumdrecks beitragen. Das sind in erster Linie alle militärischen Experimente, gleichgültig, ob defensiver oder aggressiver Natur. Tolerierbar sind allein Kontrollexperimente, die die vereinbarte Einhaltung der Rüstungsbeschränkungen garantieren. Auf der anderen Seite sollte sich das Augenmerk auf die wissenschaftliche Bedeutung des Weltraums richten und in eine Kollaboration der potenten Länder münden mit der Auflage zur Beteiligung der weniger potenten an den wissenschaftlichen und technischen Ergebnissen. Die Sowjetunion beispielsweise verfügt heute nach den Mißerfolgen der amerikanischen Space Shuttles über das leistungsfähigste Transportsystem und könnte dieses der Welt als Trägersystem für wissenschaftliche Satelliten zur Verfügung stellen. Andererseits muß in Zukunft auf Trägersysteme hingearbeitet werden, die zur Erde zurückkehren können, um das Maß an Verschmutzung niedrig zu halten. Vielleicht sollte man sogar an wieder einfangbare Satelliten denken.

Diese bislang nicht ins Bewußtsein gedrungene Form der Entsorgung, die *Raumentsorgung*, ist notwendig, da sonst die Gefahr der Raumverschmutzung unabsehbare Folgen haben wird. Nur 30 Jahre nach dem Start des ersten Satelliten Sputnik ist es bereits soweit, daß die Verschmutzung des erdnahen Raumes kritisch zu werden beginnt. An der Kürze dieser Zeit zeigt sich besonders deutlich, wie rasch die Unbedachtsamkeit des Menschen im Vorantreiben einer einmal von ihm eingeleiteten Entwicklung zerstörend zu wirken beginnt und seine hochfliegenden Träume zerrinnen macht. Mit der Raumfahrt verbindet die Menschheit einen solchen Traum. Es ist ihr nicht genug, in dem kleinen irdischen Paradies auszuharren, das sie aus Unbedachtsamkeit zu zerstören dauernd im Begriff ist. Nun hat es den Anschein, als ob auch dieser Traum von ihr selbst zunichte gemacht würde – einfach dadurch, daß sie den Raum, in dem er sich verwirklichen sollte, verdreckt. Was dann übrigbleibt, sind ein paar infantile Spiele auf dem Computer und eine traurig-ekelhafte Romantik, die in dümmlichen, anachronistischen SF-Filmen konserviert worden ist.

Rudolf von Woldeck

Anmerkungen der Redaktion

Reinhard Breuer, geb. 1946, ist Redakteur bei der Zeitschrift *GEO* und Lehrbeauftragter für Theoretische Physik an der Universität Hamburg.

Peter Fabian, geb. 1937, Geophysiker, Luftchemiker und Meteorologe, ist Professor an der Ludwig-Maximilian-Universität München.

Petra Thorbrietz, geb. 1954, lebt in München und arbeitet als Redakteurin bei *natur*.

Hartmut Graßl ist Professor am Meteorologischen Institut der Universität Hamburg.

Heinz Bingemer, geb. 1951, Meteorologe, ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Max-Planck-Institut für Chemie in Mainz.

James E. Lovelocks Beitrag erschien unter dem Titel »Geophysiology: a new look at Earth Science« in dem Band *The Geophysiology of Amazonas* (Hg. Robert E. Dickinson). © 1987 John Wiley & Sons, New York. Wir drucken die deutsche Übersetzung mit freundlicher Genehmigung des Verlags.

Jost Auf der Maur, geb. 1953, Redaktor bei *Die Weltwoche* in Zürich; ehem. Polizeireporter, Hilfs-Briefträger, Klosterschüler. Der Artikel erschien am 6. 11. 1986 auf der Frontseite der *Basler Weltwoche*.

Thomas Kluge (geb. 1948) und *Engelbert Schramm* (geb. 1954) arbeiten im Institut für sozial-ökologische Forschung in Frankfurt am Main.

Joachim Kahlert, geb. 1954, ist wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Universität Bielefeld; sein Arbeitsbereich: Umwelt- und Energiepolitik; seine Spezialität: Energiepolitik der DDR.

Hans Pleschinski, geb. 1956, lebt in München. Zuletzt erschien von ihm: *Der Holzvulkan. Bericht einer Biographie* (Zürich 1986).

Johann Wolfgang Goethe: bei dem Text handelt es sich um Auszüge aus dem tagebuchartig geschriebenen Aufsatz »Wolkengestalt nach Howard«, den Goethe 1820 in *Zur Naturwissenschaft überhaupt* veröffentlichte.

Friedrich Wilhelm Korff ist Flieger, Erzähler und Hochschullehrer für Philosophie (Universität Hamburg). Der hier erweiterte Text erschien zuerst in *TransAtlantik* 12/1980.

Kursbuch 97	**Uni-Not**	September 1989
Kursbuch 98	**Das Chaos**	November 1989

Vorschauen auf die beiden Nummern enthält der Beihefter in dieser Ausgabe zwischen den Seiten 32 und 33.

HORIZONTE '89
ORIENT-OKZIDENT
4. FESTIVAL DER WELTKULTUREN
Musik ■ Theater ■ Literatur ■ Film ■ Colloquien ■ Ausstellungen
BERLIN 10. JUNI BIS 2. JULI 1989

Informationen anfordern:
HORIZONTE '89
Berliner Festspiele GmbH
Budapester Straße 44 ■ 1000 Berlin 30
☎ (030) 254 89-0 ■ Fax 254 89-111 ■ Tx 185 255

Zytglogge

Mal weg vom Freitag und voll rein ins Leben!

Hugo Rindlisbacher
Spurensicherung
Familienroman

Zytglogge

Monumental und emotionsgeladen, nicht mit derben Worten sparend, scheinbar atemlos niedergeschrieben.

„Ich bin dabei, den zweiten Eiswürfel aus dem leeren Whiskyglas zu angeln, da trifft mich der Schlag: Ich sehe mich draußen vorbeigehen."

Verlagsprogramm '89 beim
Zytglogge Verlag, Cäsariusstr.18,
5300 Bonn 2, Tel. 0228/362550

Europa

hat noch nicht voll erfüllt,
was es werden kann,
was es werden sollte.
Der anscheinend bekannteste
aller Kontinente
muß in gewissem Sinne
erst entdeckt werden.

Peter Norman Waage: **Der unsichtbare Kontinent**
Wladimir Solowjow – der Denker Europas
344 Seiten mit 13 Abb., geb. DM 58,–
ISBN 3-7725-0797-2

Stärker noch als zur Zeit Solowjows ist heute die Verwandlung die einzige Zukunftshoffnung; von selbst kommt die Zukunft nicht mehr. Das Werk, zu dem er den Prolog geliefert hat, wird darin bestehen, diese Gegenwart in eine Zukunft zu verwandeln, die kulturelle und menschliche Einheit zu verwirklichen, auf die Solowjow mit seinem Leben und seinem philosophischen Bemühen hindeutet.

VERLAG FREIES GEISTES-LEBEN

Damit das Reden leichter fällt

Blätter für deutsche und internationale Politik

Zum Kennenlernen:

60 DM 10,– (Verrechnungsscheck, bar oder in Briefmarken) erhalten Sie 2 Monate lang die „Blätter" (Einzelheftpreis DM 8,–). Die Lieferung wird nur fortgesetzt, wenn Sie es ausdrücklich wünschen. Schreiben Sie uns oder rufen Sie an: „Blätter"-Service für Leserinnen und Leser, Gottesweg 54, 5000 Köln 51, Telefon (02 21) 380 02 30

Geschichte von der
ANKUNFT DES
GROSSEN UNORDENTLICHEN
IN EINER
ORDENTLICHEN ZEIT

Sein Aufzug zwar zweifellos originell. Wer unternimmt schon etwas gegen ein ARTIGES HINTERTEIL, klug bemalt mit hübschen Portraits unserer LandesREGierUNG? Wer etwas (bimm-bamm) gegen das Heraushängenlassen LÄUTENDER EIER zum offnen Portal DIESER (oder sagen wir mal) JENER Hose vielleicht?
Wer etwas gegen den lustigen

PIEPHAHN,

der sich handhaben läßt wie eine Kasperlepuppe und Spaß bereitet bei Groß UND Klein?

(Sauereien, die wir lieben und schätzen. Täglich könnte uns jemand besuchen wie dieser. Nur kämmen sollte er sich, sein Haar sollte gepflegt sein, das Haar ist die Visitenkarte des Menschen.)

aus:
GÜNTER BRUNO FUCHS
Zwischen Kopf und Kragen
32 wahre Geschichten
und 13 Bilder
Mit einem Nachwort
von Klaus Wagenbach
SALTO. Rotes Leinen.
96 Seiten, DM 19.80
erscheint im März

Wagenbach

PSYCHOANALYSE

Aufruf zur Unterstützung des „Equipo Internacionalista Marie Langer"

IN NICARAGUA

„Weil es zueinander gehört, die Menschen sowohl aus materieller als auch aus psychischer Not zu befreien – von Anfang an", begründete die Psychoanalytikerin Marie Langer ihr Engagement für das **Salud mental**-Projekt in Nicaragua. Seit 1981 arbeitet dort ein internationales Team von psychoanalytisch orientierten Psychologen, Ärzten und Pädagogen zusammen, um ein Konzept der umfassenden psychischen Gesundheitsfürsorge in einem Land zu realisieren, in dem es bis dahin außer der Internierung in einem halb verfallenen psychiatrischen Spital keine Hilfe für psychisch kranke Menschen gab.

Das Salud-mental-Projekt hat mehrere Ziele:

– Die psychiatrische Internierung Schritt für Schritt abzuschaffen und dafür ein Netz von Tageskliniken aufzubauen: die „Centros de Asistencia Psico-Social" (CAPS), in denen psychisch erkrankte Menschen therapeutische Behandlung erhalten können;

– Die Ausbildung von Ärzten und Psychologen sowie aller Gesundheitsarbeiter im Bereich der Prävention psychischer Erkrankungen und auf dem Gebiet der Arzt-Patient-Beziehung;

– Die Berücksichtigung von Erkenntnissen der Psychoanalyse im Klinikalltag, wie etwa im „Programa Niño acompanado" (Eltern begleiten ihr Kind während eines Krankenhausaufenthaltes, um Traumatisierungen vorzubeugen).

Der Beitrag von medico international:
Neben der umfassenden Projekthilfe beim Aufbau von Gesundheitseinrichtungen, u.a. einem ländlichen Krankenhaus in der Südregion Nicaraguas, unterstützt medico international seit 1983 das Salud-mental-Projekt des **Equipo Internacionalista Marie Langer**, mittlerweile benannt nach der im vergangenen Jahr verstorbenen, unermüdlichen Streiterin für das Projekt.
Für die laufenden Kosten der Arbeit werden jährlich 20000 DM benötigt.
Helfen Sie mit, daß der kritische Gehalt der Psychoanalyse in Nicaragua wirksam bleiben kann: im Kampf für eine Gesundheitsversorgung, die nicht zwischen Körper und Psyche, zwischen Individuum und Gesellschaft oder Prävention und kurativer Behandlung trennt.

Spendenkonto:
medico international
1800 bei der Stadtsparkasse Frankfurt
6999-508 beim Postgiroamt Köln
Stichwort: Salud Mental in Nicaragua

Weitere Informationen zum Projekt über:

medico international,
Obermainanlage 7,
6000 Frankfurt 1,
Tel. 069 / 499041 / 2

ROTBUCH TASCHENBUCH NR. 1
ROTBUCH VERLAG

REP

CLAUS LEGGEWIE
DIE REPUBLIKANER
PHANTOMBILD
DER NEUEN
RECHTEN

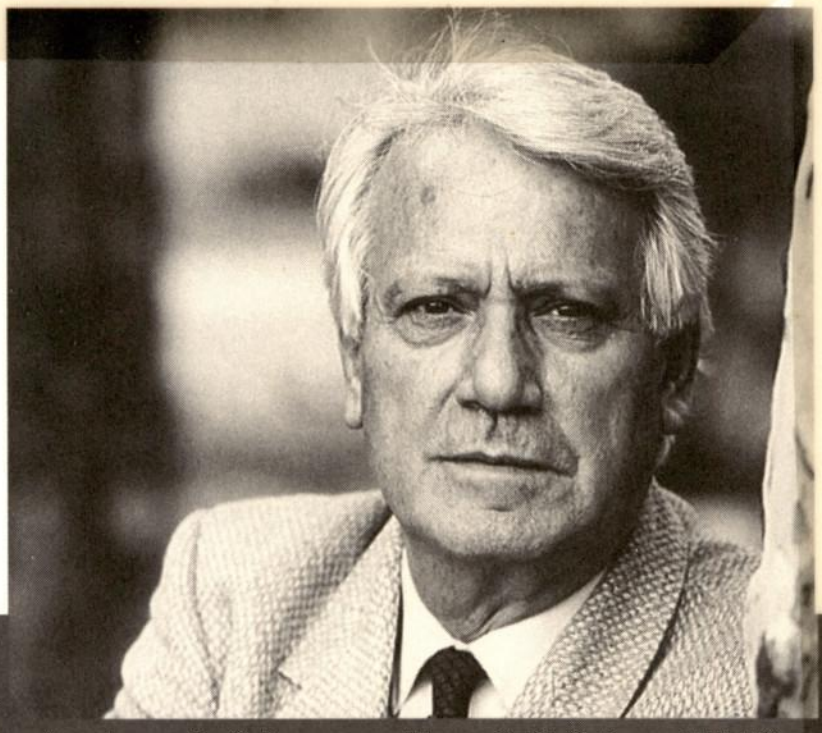
Mit der Berliner Wahl vom Januar '89 wurden Schönhubers ausländerfeindliche »Republikaner« über Nacht zum *shooting star* der deutschen Rechten. Panik in Bonn und Bayern – die Union muß bei allen nächsten Wahlen fürchten, daß rechtes Fleisch von ihrem Fleische abfällt. Kommen die REPs auf den politischen Dauerspielplan der 90er Jahre?

Mit Reportagen aus der Grauzone und einem Interview mit Franz Schönhuber

160 Seiten ◆ DM 14

D.Ur.

Jorge Semprun
Netschajew kehrt zurück



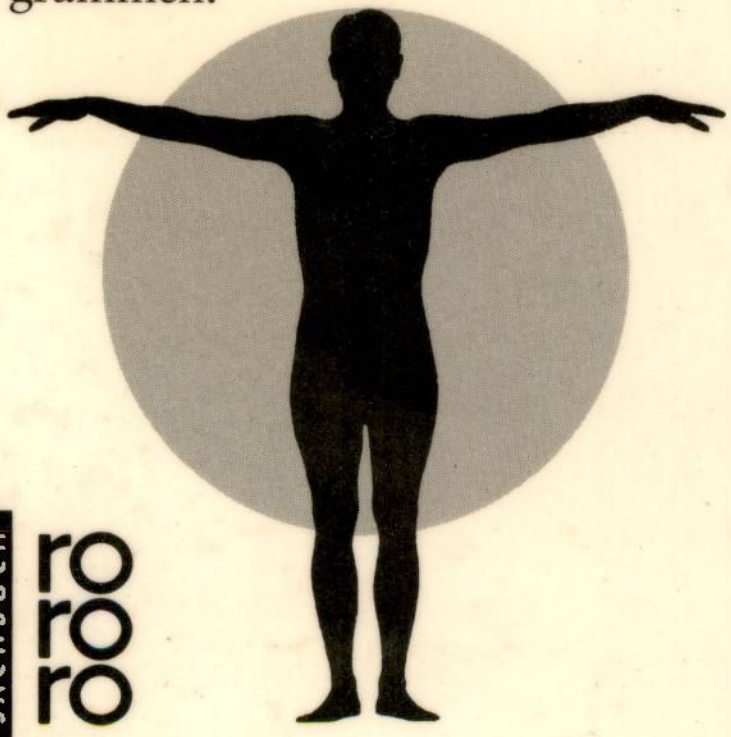
gebunden mit Schutzumschlag, 352 Seiten, DM 38.–

Vier junge Leute verschreiben sich dem bewaffneten Kampf und gründen 1968 die Avantgarde Prolétarienne. 1974 wollen sie aufgeben, und nur ›Netschajew‹ widerspricht der Selbstauflösung. Man beschließt, ihn zu ›neutralisieren‹. 1980 erschüttert eine Serie von Attentaten und Attentatsversuchen die Gruppe der inzwischen in den Medien etablierten ehemaligen Untergrundkämpfer. Ist Netschajew zurückgekommen? Ein politischer Zeitroman höchster Brisanz, der über drei Generationen von politischem Kampf in Frankreich — Résistance, Mai 68 und den Anschlägen der achtziger Jahre — die Frage der Gewalt diskutiert.

ROTBUCH VERLAG

Medizin und Gesundheit

Die Reihe **Medizin und Gesundheit** setzt auf ein ganzheitliches Konzept der Vorsorge und Heilung, das Seele und Körper, Psyche und Soma, gleichermaßen berücksichtigt. Neben Büchern zu Entwicklung und Stand der naturwissenschaftlichen und psychosomatischen Medizin gibt es Ratgeber zum Umgang mit spezifischen Krankheiten und ihrer Heilung ebenso wie Titel zum Streßabbau, zu Körpertherapien und -wahrnehmung sowie Entspannungsprogrammen.



SACHBUCH

ro ro ro

Eine Auswahl:

Kenneth R. Pelletier,
Gesund leben – gesund sein
(8340/DM 9,80)

John Selby
Die Augen
(8349/DM 12,80)

Atmen und Leben
(8320/DM 9,80)

Ingeborg-Christel Spiess
Selbstheilung bei Nahrungsmittelallergien
(8422/DM 9,80)

Alexander Lowen
Bio-Energetik
(8435/DM 9,80)

Frauke Teegen,
Ganzheitliche Gesundheit
(8308/DM 9,80)

Allan Knight,
Asthma und Heuschnupfen
(8412/DM 8,80)

Shiatsu
(8416/DM 14,80)

Ulrich Sollmann,
Bioenergetik in der Praxis
(8484/DM 9,80)